DANYELLE ANDRADE MOTA
(Organizadora)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3

Atena
Editora
Ano 2022

DANYELLE ANDRADE MOTA
(Organizadora)

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe
Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira
Editora executiva
Natalia Oliveira
Assistente editorial
Flávia Roberta Barão
Bibliotecária
Janaina Ramos
Projeto gráfico
Bruno Oliveira
Camila Alves de Cremo
Daphynny Pamplona
Luiza Alves Batista
Natália Sandrini de Azevedo
Imagens da capa
iStock
Edição de arte
Luiza Alves Batista

2022 *by Atena Editora*
Copyright © Atena Editora
Copyright do texto © 2022 Os autores
Copyright da edição © 2022 Atena Editora
Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.
Open access publication by Atena Editora

Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial
Ciências Exatas e da Terra e Engenharias
Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto
Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre
Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie
Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro
Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás
Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná

Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista

Engenharias: criação e repasse de tecnologias 3

Diagramação: Camila Alves de Cremo
Correção: Maiara Ferreira
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizadora: Danyelle Andrade Mota

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

E57 Engenharias: criação e repasse de tecnologias 3 / Organizadora Danyelle Andrade Mota. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
Inclui bibliografia
ISBN 978-65-258-0506-1
DOI: https://doi.org/10.22533/at.ed.061220509

1. Engenharia. 2. Tecnologia. I. Mota, Danyelle Andrade (Organizadora). II. Título.

CDD 620

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br

CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA E ENGENHARIAS

Atena Editora
Ano 2022

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access, desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce,* ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

APRESENTAÇÃO

A engenharia é uma ciência que utiliza de conhecimentos e estudos técnicos e científicos com o intuito de criar e otimizar novas ferramentas, métodos, processos, desenvolver novas tecnologias, corrigir falhas nos procedimentos ou produtos. Sua abrangência envolve todas as áreas de atuação humana, e é um dos pilares do desenvolvimento tecnológico, social e econômico da sociedade.

Pode-se dizer que a engenharia é um sinônimo de desenvolvimento e um dos principais pilares para o setor industrial. Logo, entender os campos de atuação, bem como pontos de inserção e melhoria dessa desta área é de grande importância, buscando desenvolver novos métodos e ferramentas para melhoria continua de processos.

A coleção "ENGENHARIAS: CRIAÇÃO E REPASSE DE TECNOLOGIAS 3" é uma obra que tem como foco principal a discussão científica de forma interdisciplinar com trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos das Engenharias e áreas afins. O objetivo central foi apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos em diversas instituições de ensino e pesquisa.

Na presente obra são apresentados 15 trabalhos teóricos e práticos, relacionados as áreas de engenharia, como civil, materiais, mecânica, química, ambiental, dentre outras, dando um viés onde se faz necessária a melhoria continua em processos, projetos e na gestão geral no setor fabril e empreendedor. Destaca-se ainda a busca da redução de custos, sustentabilidade, melhoria continua e otimização de processos.

De abordagem objetiva, a obra se mostra de grande relevância para graduandos, alunos de pós-graduação, docentes e profissionais, apresentando temáticas e metodologias diversificadas, em situações reais. Sendo hoje que utilizar dos conhecimentos científicos de uma maneira eficaz e eficiente é um dos desafios dos novos engenheiros. Agradeço aos autores pelas contribuições que tornaram essa edição possível, e juntos, convidamos os leitores para desfrutarem as publicações.

Tenham uma ótima leitura!

Danyelle Andrade Mota

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 1

A BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA REVISÃO CONTEXTUAL

Brenda Leal Mota Santos
Renato Santos Freire Ferraz
Patrick Laurient Cardoso Silva
Fábio Vincenzi Romualdo da Silva
Adjeferson Custódio Gomes
Rafael Rodrigues de Queiroz Freitas

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205091

CAPÍTULO 2 13

REMOÇÃO DE COR E TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL A PARTIR DE CIANOBACTÉRIAS

Sílvia Mariana da Silva Barbosa
Marcella Vianna Cabral Paiva

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205092

CAPÍTULO 3 21

A APLICAÇÃO DE *ANALYTIC NETWORK PROCESS* - ANP EM LOGÍSTICA REVERSA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Jovani Patias
Leoni Pentiado Godoy
Murilo Sagrillo Pereira
Bruno Miranda dos Santos
Cyro Rei Prato Neto

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205093

CAPÍTULO 4 34

UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE PERDA DE ÁGUA NUM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Diênifer Calegari Leopoldino Guimarães

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205094

CAPÍTULO 5 51

DESENVOLVIMENTO DE SURFACTANTE COM VISCOSIDADE ADAPTÁVEL PARA AUMENTAR A EXTRAÇÃO DE ÓLEO NA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Laura Procópio Maia Furbino
Edilailsa Januário de Melo
Rogério Alexandre Alves de Melo
José Izaquiel Santos da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205095

CAPÍTULO 6 ..... **62**

USO DE SENSOR PIEZOELÉTRICO NA DETERMINAÇÃO DO ATRASO DE IGNIÇÃO EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO DO CICLO DIESEL

Márcio Andrade Rocha
Lesso Benedito dos Santos
Carlos A. Cabral Santos
Jefferson W. de M. Mendonça

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205096

CAPÍTULO 7 ..... **68**

APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Augusto Cury Braff

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205097

CAPÍTULO 8 ..... **82**

REVISÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE VIGAS MISTAS CONCRETO/MADEIRA

Guilherme Barbosa Vieira
Thyago Camelo Pereira da Silva

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205098

CAPÍTULO 9 ..... **105**

DESENVOLVIMENTO DE TEAR PLANO MODULAR IMPRESSO EM 3D PARA PRODUÇÃO DE TECIDOS DE PEQUENA LARGURA

Matheus da Silva Rodrigues
Fabia Regina Gomes Ribeiro
Daniel Perdigão Lobato
Liliana de Luca Xavier Augusto
Leandro da Silva Pereira

https://doi.org/10.22533/at.ed.0612205099

CAPÍTULO 10 ..... **111**

FATIGUE PROPERTIES OF COMBINED FRICTION STIR AND ADHESIVELY BONDED AA6082-T6 OVERLAP JOINTS

Ricardo Maciel
Tiago Bento
Daniel F.O. Braga
Lucas F.M. da Silva
Pedro M.G.P. Moreira
Virgínia Infante

https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050910

CAPÍTULO 11 ..... **128**

MINIMIZAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE OPERADORES POR MEIO DE AGRUPAMENTO DE FERRAMENTAIS EM ARRANJOS FÍSICOS POSICIONAIS

Chin Yung Shih

https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050911

CAPÍTULO 12.....149

MÓDULO ELETRÔNICO SINTETIZADO SEM FIO, PARA BATERIA ELETRÔNICA, ATRAVÉS DA COMUNICAÇÃO WI-FI DO ESP32

Paulo César do Nascimento Cunha
Afonso Pereira Barros
Gabriel Vinícius de Souza Bispo
José Irineu Ferreira Júnior
Jarlisson José de Lira

https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050912

CAPÍTULO 13.....158

APLICAÇÕES DO DESIGN INSTRUCIONAL NA DISCIPLINA DE DESENHO: MÉTODOS DE ENSINO CONTEXTUALIZADOS PARA O ENSINO MÉDIO

José Rodolfo Ribeiro Tavares
Giselle Aparecida de Sousa Araujo
Isabel Barros Fiaux dos Santos
Luciene Maria de Souza Zanardi
Maria Cecília da Silva Barbosa
Paulo Roberto Boldarini Regini
Yasmim Carolino Bora Marinho

https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050913

CAPÍTULO 14.....173

QUESTÕES NORTEADORAS PARA ESTUDO DE USABILIDADE EM POLÍTICAS DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO EM VSEs

André Rivas
Ivanir Costa
Nilson Salvetti
Marcos Vinícius da Silva Messias
Osmair Mendes Pereira

https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050914

CAPÍTULO 15.....185

O EMPREENDEDORISMO FEMININO E SUAS PRINCIPAIS VERTENTES

Isadora dos Santos Raposo
Maurício Guerreiro

https://doi.org/10.22533/at.ed.06122050915

SOBRE A ORGANIZADORA.....190

ÍNDICE REMISSIVO.....191

CAPÍTULO 1

A BIOMASSA COMO FONTE RENOVÁVEL DE ENERGIA ELÉTRICA: UMA REVISÃO CONTEXTUAL

Data de aceite: 01/09/2022

Brenda Leal Mota Santos
DCET – Universidade Estadual de Santa Cruz

Renato Santos Freire Ferraz
DCET – Universidade Estadual de Santa Cruz

Patrick Laurient Cardoso Silva
DCET – Universidade Estadual de Santa Cruz

Fábio Vincenzi Romualdo da Silva
FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

Adjeferson Custódio Gomes
DCET – Universidade Estadual de Santa Cruz
FEELT – Universidade Federal de Uberlândia

Rafael Rodrigues de Queiroz Freitas
DCET – Universidade Estadual de Santa Cruz

RESUMO: A crescente demanda energética e a preocupação com os problemas ambientais têm promovido significativas mudanças na estrutura do sistema elétrico atual caracterizadas pela inserção de fontes alternativas de energia. Nesse cenário, a biomassa tem se destacado por não depender de fatores climáticos e proporcionar uma redução dos gastos com a transmissão de energia elétrica. Deste modo, através da revisão literária, fez-se um estudo, no que tange ao contexto e perspectivas das energias renováveis no cenário mundial e brasileiro, destacando a biomassa como alternativa à produção de energia elétrica. Além disso, foram apresentadas contribuições a respeito da inserção da geração distribuída na matriz energética brasileira, destacando a biomassa nesse contexto.

PALAVRAS-CHAVE: Biomassa, Fontes Alternativas, Geração Distribuída, Matriz Energética.

THE BIOMASS AS A RENEWABLE ELECTRICAL ENERGY SOURCE: A CONTEXTUAL REVIEW

ABSTRACT: The increasing energy demand and the concern about the environmental problems have been stimulating significant changes in the structure of the current electrical system characterized by the insertion of alternative sources of energy. In this scenario, biomass is drawing attention not only because it does not depend on climatic factors but also because it provides a reduction of the expenses related to electric energy transmission. Thus, through the literary review, a study was made, regarding the context and perspectives of renewable energies in the world and Brazilian scenario, focusing on biomass as an alternative to the electric energy production. In addition, contributions were made regarding the insertion of distributed generation into the Brazilian energy matrix, highlighting biomass in this context.

KEYWORDS: Biomass, Alternative Sources, Distributed Generation, Energy Matrix.

1 | INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável é caracterizado pela capacidade de suprir as necessidades da geração atual, sem que comprometa as necessidades das gerações

futuras, assim, o desafio da produção de energia, é conciliar esse desenvolvimento com o crescimento energético [1]. Logo, emerge como alternativa a exploração dos recursos energéticos renováveis. Entretanto, é necessário levar em consideração o planejamento estratégico de órgãos governamentais competentes no que tange à disponibilidade e uso dos recursos, a infraestrutura necessária e os cenários nacionais e internacionais de longo prazo [2].

O Brasil é um dos países com maior representatividade de energia renovável hidrelétrica contando com uma ampla participação dessa fonte em sua matriz energética. Além disso, o país reúne inúmeras vantagens comparativas que o permite à atuação como líder no mercado mundial de produtos agrícolas, agroindustriais e silviculturas, incorporando-as à geração de energia [3].

Apesar das fontes de energia como hídrica, solar e eólica apresentarem desempenhos satisfatórios no que diz respeito à produção de energia elétrica, as mesmas dependem de altos investimentos e de condições climáticas como vento, sol, entre outros. Neste contexto, a biomassa tem se destacado por não depender desses fatores e proporciona redução dos gastos com transmissão de energia elétrica.

Assim, como uma alternativa para produção de energia elétrica através de fontes renováveis, tem-se a biomassa. No ano de 2012, no Brasil, a biomassa ocupou o terceiro lugar nas fontes de geração de energia elétrica, 6,8% do total da energia gerada, atrás apenas da energia hidroelétrica e da energia gerada através do gás natural [9]. Enquanto que em 2016, de acordo com o Ministério de Minas e Energia (MME), a biomassa tornou-se a segunda fonte de geração mais importante do Brasil na Oferta Interna de Energia Elétrica (OIEE), com o registro de 8,8% [10].

Apesar da ascensão de fontes alternativas de energia, como a biomassa, fica evidente a grande dependência do setor elétrico brasileiro em relação às usinas hidrelétricas. Isso ficou evidente, quando o Brasil enfrentou dificuldades devido à escassez de chuvas, em 2014, houve um comprometimento no abastecimento dos reservatórios das principais centrais hidrelétricas do Brasil. Por conseguinte, tornou-se necessário o acionamento de termelétricas, por conta da ausência de outras fontes capazes de suprir a demanda energética brasileira, provocando elevação das tarifas de energia. [4].

Como alternativa para diminuição das tarifas energéticas, as redes de energia elétrica tradicionais têm sido gradualmente modificadas pela instalação de geradores de pequena escala próximo aos consumidores, surgindo o termo geração distribuída (GD) [5].

Inicialmente, no Brasil, a GD era utilizada exclusivamente para o fornecimento de energia elétrica em sistemas isolados. Entretanto, em 17 de abril de 2012, com a publicação da Resolução Normativa nº482 (REN 482), a qual prescreve condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída e do Sistema de Compensação de Energia Elétrica, tornou-se mais comum à utilização da GD conectada com a rede elétrica (grid-tie). Isso porque, o sistema de Compensação de Energia Elétrica, Net metering, baseia-se

em créditos de energia elétrica, para que a energia injetada na rede de distribuição seja repassada ao consumidor em forma de créditos, podendo ser utilizada por um período de 36 meses. Com isso, a implementação da GD por consumidores conectados à rede elétrica tornou-se vantajosa [6-8].

Além disso, a partir da inserção da GD em sistemas isolados (off-grid) e conectados à rede elétrica, observaram-se diversos benefícios para o sistema elétrico. Pode-se citar, a postergação de investimentos em expansão nos sistemas de distribuição e transmissão, o baixo impacto ambiental, a melhoria do nível de tensão da rede no período de carga pesada, aumento da confiabilidade e a diversificação da matriz energética [6].

Diante do exposto, este trabalho tem como objetivo geral, fazer uma revisão bibliográfica do panorama atual da geração de energia elétrica no Brasil, destacando a biomassa como alternativa a produção de energia elétrica. O presente trabalho recorreu à pesquisa bibliográfica cuja sistematização se dá por meio de análise de artigos acadêmicos, além de relatórios nacionais e internacionais, utilizados no levantamento de dados.

2 I GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA A PARTIR DA BIOMASSA

Nesta seção, serão abordadas as contribuições das energias renováveis no cenário mundial e brasileiro no ano de 2016, enfatizando a biomassa como matéria prima para geração de energia elétrica. Além disso, será abordado o cenário energético mundial e brasileiro no que tange às contribuições das fontes alternativas de energia. Além disto, será considerada a inserção da geração distribuída na matriz energética brasileira e suas contribuições neste cenário.

A. Energia Renovável

Em 2016, o setor de energia experimentou os maiores aumentos de capacidade de energia renovável. Um dos fatores que contribuiu para esse aumento foi à expansão de países em desenvolvimento em relação à capacidade de energia renovável [11].

Vale salientar, que países emergentes como Argentina, Chile, China, Índia e México tiveram suas economias transformadas em indústrias de energia, tornando as tecnologias renováveis mais eficientes e previsão de recursos mais confiáveis. Com isso, esses países se tornaram mercados atraentes para investimentos nessa área [11].

Em 2016 a capacidade de geração de energia renovável apresentou seu maior aumento anual, estimado em 161 GW. Outrossim, a capacidade de energia renovável mundial teve um aumento de aproximadamente 9% em relação a 2015, cerca de 2,017 GW no final do ano. Os principais países que mantiveram sua capacidade elétrica renovável foram a China, os Estados Unidos, Brasil, Alemanha e Canadá [11].

Conforme Figura 1, em 2016, as energias renováveis atingiram um total 921 GW, no mundo, e os BRICs (Brasil, Rússia, Índia e China) representaram 36,16% deste total. Entre as nações que mais cresceram neste período foram China (258 GW), Estados Unidos (145

GW) e Alemanha (98 GW) destacando-se também o Japão, Índia e Itália.

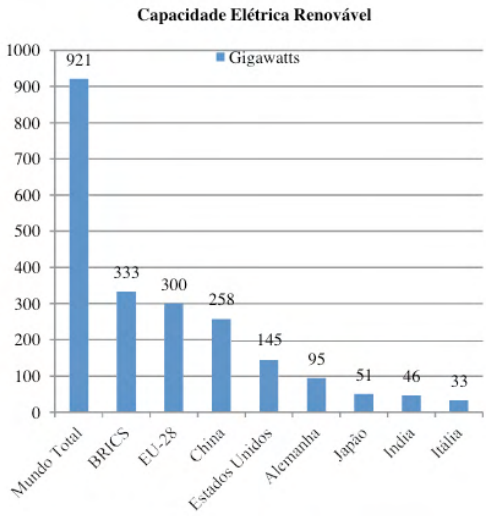


Figura 1: Capacidade de eletricidade renovável, no mundo, UE 28, BRICS e sete principais países, final de 2016.

Fonte: REN, 2017 (adaptado pelo autor).

A China tem sido a maior desenvolvedora de energia renovável e calor durante os últimos oito anos, sendo o lar de mais de um quarto da capacidade de energia renovável do mundo, totalizando aproximadamente 564 GW, incluindo cerca de 305 GW de energia hidrelétrica [11].

Quase todos os países na última década vêm apoiando diretamente o desenvolvimento e a implantação de tecnologias de energia renovável por meio de um conjunto de políticas que proporcionaram apoio direto e indireto, visando o desenvolvimento econômico, a proteção ambiental e a segurança nacional [12].

Os avanços tecnológicos, a queda dos custos e a crescente penetração de energias renováveis em muitos países continuaram a exigir políticas mais sofisticadas para estimular a implantação e a integração de energias renováveis da forma mais eficaz possível [12].

B. Cenário energético brasileiro

A produção de energia elétrica no Brasil é considerada como uma das mais sustentáveis no mundo, isso se deve, a matriz energética brasileira ser predominantemente constituída por hidrelétricas [13]. Neste contexto, a Figura 2 mostra o percentual de oferta interna de energia elétrica por fonte no Brasil no ano de 2016.

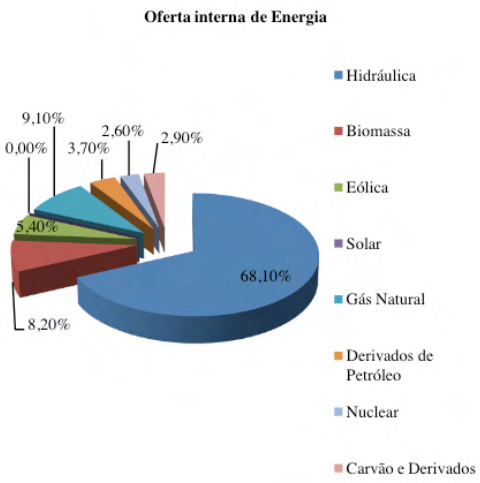


Figura 2. Oferta Interna de Energia do Brasil por Fonte.

Fonte: Relatório Síntese BEN, 2017 (adaptada pelo autor).

A predominância dos recursos energéticos renováveis na matriz energética do Brasil torna-se evidente ao analisar a Figura 2. A geração hidráulica é o maior destaque, correspondendo a cerca de 68,1% de toda a oferta interna de energia. Seguidamente, o gás natural é a segunda maior parcela, cerca de 9%. A biomassa é a terceira maior fonte de energia do Brasil, representando aproximadamente 8,2% de toda a energia disponível na matriz energética brasileira. As demais fontes de energia têm as seguintes participações eólica 5,4%, derivados de petróleo 3,7%, carvão e derivados 2,9%, nuclear 2,6% e solar 0% [14].

A capacidade total instalada de geração de energia elétrica do Brasil alcançou 150.338 MW, um acréscimo de 9.479 MW em relação ao ano anterior. Sendo que dessa capacidade total, as fontes renováveis correspondem a 81,7% da oferta interna de eletricidade do Brasil. [14]

Em 2016, a participação das fontes renováveis na Matriz Energética Brasileira manteve-se entre as mais elevadas do mundo, apresentando um pequeno crescimento de 2,2%, em relação ao ano de 2015, Figura 3. Esse aumento se deu pela queda da oferta interna de petróleo e derivados, além da expansão da geração hidráulica [15].

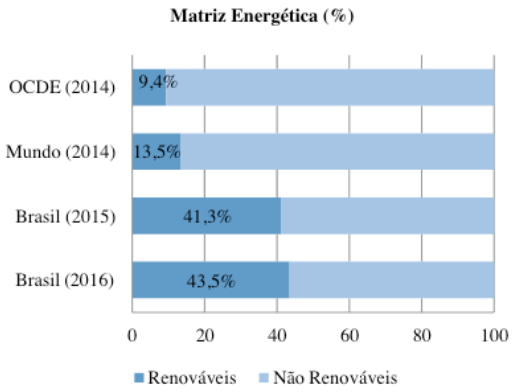


Figura 3. Participação das fontes renováveis na matriz energética brasileira e mundial.

Fonte: Relatório Síntese BEN, 2017 (adaptada pelo autor).

É possível observar também, através da Figura 3, que o percentual de fontes renováveis na matriz energética foi de 43,5% no ano de 2016. É importante ressaltar que neste percentual está incluso a participação de renováveis na matriz energética provenientes de recursos hídricos, da biomassa oriunda da cana, lenha, carvão vegetal e lixívia, além de outras energias renováveis [15].

Ademais a energia eólica apresentou crescimento de 54,9% em relação ao ano anterior, enquanto de acordo com o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a biomassa oriunda da cana de açúcar e derivados apresentou 1,5%. Em suma, as fontes alternativas apresentaram aumento, com exceção da lenha e do carvão vegetal, que diminuiu 4,7% em comparação ao anterior, 2015 [14].

C. Biomassa como fonte de Energia

A biomassa como matéria prima para geração de energia pode ser subdividida em biomassa tradicional e biomassa moderna. A biomassa tradicional é oriunda essencialmente de lenha e resíduos naturais, enquanto a biomassa moderna compreende, por exemplo, o bagaço da cana de açúcar, madeira proveniente de reflorestamento, entre outras [16].

Mesmo com o alto índice de desmatamento, e consequentemente grande parte do planeta não dispor de florestas, a quantidade de biomassa existente na terra é da ordem de dois trilhões de toneladas, o que significa cerca de 400 toneladas per capita. Embora grande parte da biomassa seja de difícil contabilização, devido ao uso não comercial, estima-se que, nos dias de hoje, ela representa cerca de 14% de todo o consumo mundial de energia primária [17,18].

Contudo, esses índices incluem tanto a biomassa moderna, quanto a biomassa tradicional. A biomassa moderna é centralizada como produção sustentável de energia, enquanto a biomassa tradicional é motivo de preocupação dos ambientalistas, já que esta

é geralmente explorada de maneira predatória e não sustentável [17,18].

Embora haja crescimento em termos absolutos, a participação da bioenergia tradicional ao consumo total de energia global tem caído gradualmente [19]. Deve-se ressaltar que a biomassa, quando utilizada de maneira adequada, através de tecnologias mais eficientes, é uma fonte de energia promissora para o desenvolvimento tecnológico dos países. Além disso, a bioenergia, em usos tradicionais e modernos, é a maior contribuinte para a oferta global de energia renovável [17].

Na Figura 4, apresenta-se à contribuição da biomassa para a demanda final de energia, fica claro que seu uso por calor em edifícios e indústria supera largamente o uso para a eletricidade e transporte combinado.

A partir da ascensão do uso da biomassa, emergem diversas tecnologias que buscam obter energia elétrica a partir de produtos que surgem da modificação de matérias primas. É importante notar, que esses produtos geram energia mecânica, através da máquina motriz, que está acoplada nos geradores de energia elétrica [18]. Esses caminhos, que permeiam toda tecnologia, são aplicados exclusivamente para a geração de energia elétrica, utilizada em todos os segmentos industriais.

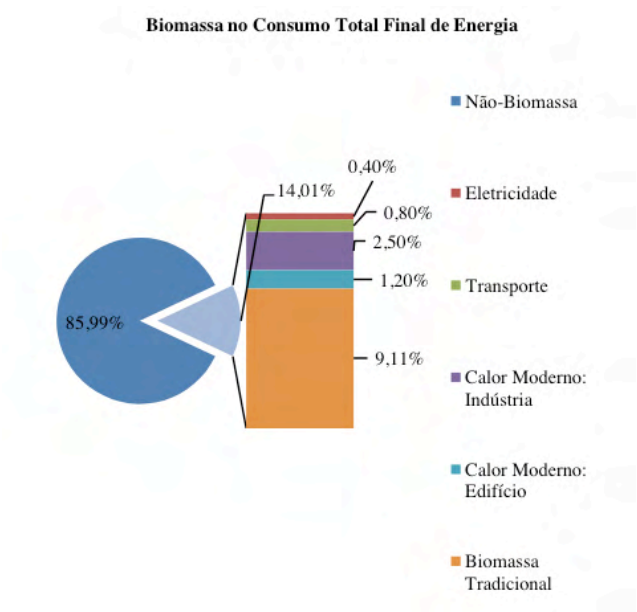


Figura 4: Ações de Biomassa no Consumo Total Final de Energia por Setor de Uso Final, 2015.

Fonte: ANEEL, 2017 (adaptada pelo autor).

Essas matérias primas, dadas por uma gama de resíduos e culturas para fins energéticos podem ser usadas diretamente como combustíveis para produção de eletricidade, convertidas em gases ou líquidos combustíveis para transporte ou ainda como

substitutos para produtos petroquímicos. Por outro lado, a biomassa sólida é queimada diretamente usando fogões tradicionais e aparelhos mais modernos para fornecer calor para cozinhar e para o aquecimento de espaço e de água no setor residencial [19].

Em relação à indústria de bioenergia, nota-se que esta é composta, principalmente, pelos fornecedores de matéria- prima e processadores; empresas que fornecem biomassa aos consumidores finais, fabricantes e distribuidores especializados em colheita de biomassa [19].

Ademais, no contexto de geração de energia elétrica através da biomassa, é imprescindível a presença de equipamentos de armazenamento e fabricantes de eletrodomésticos e componentes de hardware projetados para converter a biomassa em transportadores de energia e serviços de energia. Outrossim, é de responsabilidade da indústria, com apoio da academia e governos, disponibilizar novas tecnologias e combustíveis para o mercado [19].

A biomassa é classificada como uma fonte energética limpa e renovável, por isso tem sido uma boa alternativa para a diversificação da matriz energética. Apesar da existência de várias fontes de biomassa, somente algumas são economicamente viáveis para a produção comercial, sendo esta dividida em três categorias: origem florestal, agrícola, rejeitos urbanos e industriais [20].

Na produção de biogás no Brasil, destaca-se o aproveitamento de resíduos da cana de açúcar, aterros sanitários e de resíduos rurais, como por exemplo, esterco de animais, derivados do cultivo de milho, orgânicos secos derivados da madeira e outros [21].

A biomassa para a produção de energia elétrica em 2016 contribui com 8,8%. Dentro deste percentual, o biogás proveniente de resíduos agroindustriais, é o que apresenta percentual mais significativo, 77,5%, Figura 5 [3].

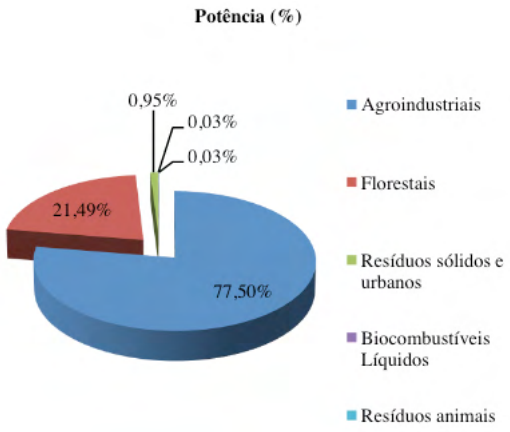


Figura 5. Composição da Biomassa na Matriz Energética do Brasil, 2016.

Fonte: IEA, 2017 (adaptada pelo autor).

Observando a Figura 5 nota-se também que os resíduos florestais apresentam percentual de 21%, enquanto os resíduos sólidos e urbanos 1%, seguido pelos resíduos animais e biocombustíveis líquidos, em torno de 0,03%.

Atualmente 446 usinas que utilizam biomassa estão em operação no Brasil, gerando um total de 9.814 MW. A grande maioria dessas usinas utiliza o bagaço da cana como matéria prima, totalizando 359 usinas. Por sua vez, apenas 19 usinas atualmente utilizam o biogás como fonte de energia [22].

Mesmo com o significativo aumento do setor nos últimos anos, essa é só uma mínima parte da capacidade de produção do Brasil, e equivale a apenas 0,0817% da matriz elétrica brasileira. Nesse âmbito, todos os anos o país deixa de gerar 115 mil GWh de energia, com o não aproveitamento do potencial disponível de biogás. Esse volume poderia abastecer 25% de toda energia consumida em 2016 [23].

D. Geração Distribuída no contexto da Biomassa

A GD é capaz de aumentar potencialmente a confiabilidade, diminuir custos e aumentar a flexibilidade, através da alocação das fontes de energia junto aos consumidores. Além disso, torna-se possível a melhoria da qualidade de fornecimento [24].

Neste contexto, políticas bem elaboradas de incentivo à GD, podem incentivar a utilização de fontes de energia renovável [24]. A evolução da GD por ano no Brasil, no período de dezembro de 2012, até o mês de março de 2017, é representada na Figura 6.

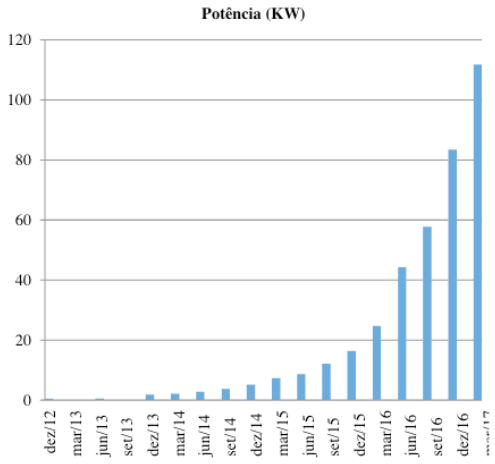


Figura 6: Geração distribuída-evolução anual.

Fonte: ANEEL, 2017 (adaptado pelo autor).

As alterações da Resolução Normativa n° 482/2012 da ANEEL através da REN 687/2015, que entrou em vigor em 2015, classifica a GD como: microgeração e minigeração. Sendo a microgeração caracterizada por uma potência instalada menor ou igual a 75 KW,

enquanto a minigeração é caracterizada por uma potência superior a este valor e menor ou igual a 5 MW [7,8].

Essas resoluções simplificam os procedimentos para conexão dos sistemas de GD no sistema elétrico, permitindo dessa forma, que cada unidade consumidora (UC) produza sua própria energia e comercialize o seu excedente em forma de empréstimo para a distribuidora, através do Net Metering [4]. Diante disso, em 2017, a micro e minigeração distribuída de energia elétrica, apresentou crescimento influenciado por essas ações regulatórias, o número de conexões chegou a mais de 20 mil instalações, com atendimento a 30 mil unidades consumidoras. Esse tipo de geração chegou a representar uma potência instalada de 247,30 MW, suficiente para atender 367 mil residências [25].

Nesse cenário, a classe de consumo residencial é responsável por 58,71% de conexões, seguida da classe comercial com 35,25% das instalações. A fonte mais utilizada pelos consumidores é a solar com 20.666 adesões, seguida pela termelétrica a biomassa ou biogás com 76 instalações [25]. A Tabela 1 mostra o total de unidades consumidoras por fonte.

Tipo	Quantidade de Usinas	Quantidade de UCs que recebem os créditos	Potência Instalada (KW)
CGH	53	6.968	46.819,48
EOL	57	100	10.314,40
UFV	34.077	40.939	327.447,87
UTE	95	240	30.285,08

Tabela 1 - Unidades Consumidoras com Geração Distribuída

Fonte: ANEEL, 2018.Adaptado pelo autor.

Ainda na Tabela 1, observa-se que as unidades de geração solar fotovoltaica (UFV) apresentam um total de 34.077 usinas, com 40.939 unidades consumidoras que recebem créditos e uma potência instalada de 327.447,83 kW. Além disso, nota-se que apesar da Usina termelétrica (UTE) apresentar-se em maior quantidade, o número de créditos e de potência instalada são superados pela Central Geradora Hidrelétrica (CGH).

3 I CONCLUSÃO

O estudo mostrou um panorama geral sobre as energias renováveis no contexto mundial e brasileiro, destacando a biomassa como alternativa a produção de energia elétrica. A biomassa é a terceira maior fonte de energia do Brasil, representando aproximadamente 8,2% de toda a energia disponível na matriz energética brasileira.

A produção de energia elétrica em pequena escala, através da micro e minigeração distribuída, tem se tornado cada vez mais frequente no setor elétrico brasileiro. Através do

estudo foi possível notar que a GD apresentou um avanço significativo nos últimos anos, apresentando um aumento considerável na capacidade de potência entre dezembro de 2012 e março de 2017.

É importante notar, que essa ascensão da GD se deu devido às diversas vantagens proporcionadas por esse sistema, como a redução das perdas elétricas associadas ao transporte de energia, devido à proximidade da unidade de geração e a carga, aumento da confiabilidade, melhora na qualidade de energia entre outras. Além disso, ficou claro que a publicação da REN n° 687, em 2015, pela ANEEL, possibilitou a expansão da GD de pequeno porte no sistema elétrico brasileiro.

REFERÊNCIAS

[1] L.B. Reis, E.C. Santos, *Energia Elétrica e Sustentabilidade: Aspectos tecnológicos, socioambientais e legais*, Manole Ltda, 2ª Edição, Barueri, SP, 2014.

[2] T.C.G. Pereira, *Energias renováveis: políticas públicas e planejamento energético*. Edição Digital,Curitiba. PR, 2014.

[3] Ministério de Minas e Energia (2006/2007). *Plano Nacional de Energia, 2030*. Acedido em 07 de junho de 2018, em: http://www.mme.gov.br.

[4] R.M. Azevedo, *Impactos Operacionais da Complementariedade de Fontes de Geração Solar Fotovoltaica e a Biogás em Sistemas de Distribuição*, Dissertação, UFSM, Santa Maria, RS, 2016.

[5] F.J. Soccol, A.L. Pereira, W.C. Celeste, D.J.C. Coura, G.L.D. Chaves, *Desafios para Implementação da Geração Distribuída no Brasil: Uma Revisão Integrativa da Literatura.* Brazilian Journal of Production Engineering, São Mateus, Vol 2, N°3, p. 31-43 (2016) Editora CEUNES/DETEC.

[6] Agência Nacional de Energia Elétrica. *Cadernos Temáticos ANEEL: Micro e Minigeração Distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica.* 2ª Edição, Brasília, 2016

[7] Agência Nacional de Energia Elétrica *Resolução Normativa n° 482 de 17 de abril de 2012*. Acedido em 16 de julho de 2018, em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf.

[8] Agência Nacional de Energia Elétrica *Resolução Normativa n° 687 de 24 de novembro de 201*.5 Acedido em 16 de julho de 2018, em: http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf.

[9] Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 1ª Edição. Brasília, 2012.

[10] Ministério de Minas e Energia (2017). *Biomassa é a segunda maior fonte de energia em 2016*. Acedido em 07 de junho de 2018, em: http://www.mme.gov.br.

[11] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN 21 (2017). *Renewables 2017: Global Status Report.* Acedido em 06 de junho de 2018 em: https://pt.linkedin.com/pulse/renov%C3%A1veis-status- do-relat%C3%B3rio-global-2017-ren17-arnaldo-m- botteon.

[12] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN 21 (2017). Policy Landscape. Acedido em 06 de junho de 2018, em: http://www.ren21.net/gsr- 2017/chapters/chapter_05/chapter_05/.

[13] International Energy Agency, IEA (2017*). World Energy Outlook*. Acedido em 07 de junho de 2018, em: http://www.iea.org/weo/.

[14] Empresa de Pesquisa Energética, BEN (2017). *Balanço Energético Nacional*. Acedido em 05 de junho de 2018, em: https://ben.epe.gov.br.

[15] Empresa de Pesquisa Energética, BEN (2017). *Relatório Síntese: Balanço Energético Nacional*. Acedido em 04 de julho de 2018, em: https://ben.epe.gov.br.

[16] M.R.L.V. Leal, *O potencial de Aproveitamento da Energia da Biomassa*. Acedido em 30 de maio de 2018, em: http://inovacao.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&p id=S1808-23942005000300024&lng=es&nrm=is .

[17] Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 1 ed. Brasília, 2002.

[18] Agência Nacional de Energia Elétrica. *Atlas de energia elétrica do Brasil*. 3ª Edição. Brasília, 2008.

[19] Renewable Energy Policy Network for the 21st Century, REN 21 (2017). *Energia Renováveis 2016 2016. Relatório da Situação Mundial*. Acedido em 06 de junho de 2018, em: http://www.ren21.net/gsr.

[20] B.X. Rezende. *Estudo e Viabilidade da Utilização de Biomassa para a Geração de Energia Elétrica*. Monografia. João Monlevade, MG, 2017.

[21] D.A.L.L. Lima, J.R. Garcia, A.C.P. Vieira, J.M.F.J. Silveira. *A inserção de inovação e novo padrão da agroindústria canavieira: estudo de caso na usina Goiasa-Goiáis.* Acedido em 04 de julho de 2018, em*:* http://www.revistaespacios.com/a12v33n11/12331101.ht ml#refbib.

[22] G.V.S. Dias, P.N. da Costa, *Estudo de Geração Distribuída a partir da Biomassa de Resíduos Sólidos Urbanos em Smart Grid*. Monografia, Brasília, DF, 2013.

[23]Biomassa&Energia. *Produção de Energia Elétrica a partir do biogás cresce 14% em 2017*. Acedido em 05 de agosto de 2018, em: https://www.biomassabioenergia.com.br .

[24] L.B. Reis, *Geração de Energia Elétrica*. Manole Ltda, 2ª Edição, Barueri, SP, 2011.

[25] Agência Nacional de Energia Elétrica *Resolução Geração Distribuída ultrapassa 20 mil conexões.* Acedido em 05 de agosto de 2018, em: http://www.aneel.gov.br/sala-de- imprensa-exibicao/- /asset_publisher/XGPXSqdMFHrE/contente/geração- distribuida-ultrapassa-20-mil-conexoes/656877 .

CAPÍTULO 2

REMOÇÃO DE COR E TOXICIDADE DE EFLUENTE TÊXTIL A PARTIR DE CIANOBACTÉRIAS

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 08/07/2022

Sílvia Mariana da Silva Barbosa
Sanvale Soluções Ambientais
Petrolina – PE
http://lattes.cnpq.br/6897701912860507

Marcella Vianna Cabral Paiva
Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA)
Petrolina – PE
http://lattes.cnpq.br/2866768055235663

RESUMO: Dentre os corantes sintéticos, 70% são utilizados no tingimento de peças têxteis, dos quais destacam-se os do tipo azo (VAN DER ZEE, 2002). Estes têm em sua estrutura química um ou mais grupos azo (–N=N–), ligados a anéis benzênicos ou naftalenos, podendo conter elementos e diversas funções químicas, como cloro (–Cl), metil (–CH3), nitro (–NO2), amina (–NH2), hidroxila (–OH), carboxila (–COOH) e sulfonato (–SO3H). Este último grupo é o mais comum, o que define o corante como um azo sulfonado. Os grupos sulfônicos quando ligados a aminas aromáticas, aumentam o caráter xenobiótico do composto, e a presença de unidades aniônicas fortemente carregadas impede sua passagem através da membrana celular bacteriana, dificultando a sua degradação (VAN DER ZEE, 2002). Os efluentes têxteis, embora apresentem cor elevada, foram escolhidos para compor este trabalho, pelo fato de conter concentrações consideráveis de nutrientes mesmo após seu tratamento. Além disso, a possibilidade de remoção de substâncias recalcitrantes e toxicidade por meio de microalgas e cianobactérias foram também consideradas nessa escolha, visto que seu descarte no meio ambiente, mesmo depois de tratado por vias físico-químicas, eletroquímicas, ou mesmo biológicas, ainda é motivo de preocupação Cepas suspensas e imobilizadas de *O. tennuis,* foram utilizadas, passando por um processo de adaptação à ambiente salobro, aproximadamente 3‰, compostas por sais de bicarbonato de sódio, cloreto de sódio e sulfato de sódio na proporção 1:0,7:1,4:1. O corante azo *Direct Black 22* (DB22) foi usado na composição sintético e a este foi adicionado a glicose como fonte de carbono. Reatores em batelada foram utilizados sendo aplicados 05 diferentes condições para prover diferentes vias metabólicas às cepas. A cianobactéria *O. tennuis*, teve um melhor desempenho, em termos de remoção de toxicidade (cor e sulfatos), quando suspensa em cultivo, e utilizando glicose como fonte de C e metabolismo autotrófico.

PALAVRAS-CHAVE: Tratamento de efluente têxtil, cianobactérias, efluente sintético.

COLOR AND TOXICITY REMOVAL OF TEXTILE WASTEWATER FROM CYANOBACTERIA

ABSTRACT: Among the synthetic dyes, 70% are used in the dyeing of textiles, of which the azo type stand out (VAN DER ZEE, 2002). These have in their chemical structure one or more azo groups (–N=N–), linked to benzene or naphthalene rings,

and may contain elements and various chemical functions, such as chlorine (–Cl), methyl (–CH3), nitro (– NO2), amine (–NH2), hydroxyl (–OH), carboxyl (–COOH) and sulfonate (–SO3H). This last group is the most common, which defines the dye as a sulfonated azo. The sulfonic groups, when linked to aromatic amines, increase the xenobiotic character of the compound, and the presence of strongly charged anionic units prevents its passage through the bacterial cell membrane, hindering its degradation (VAN DER ZEE, 2002). Textile effluents, although they have a high color, were chosen to compose this report, because they contain considerable concentrations of nutrients even after their treatment. In addition, the possibility of removing recalcitrant substances and toxicity by means of microalgae and cyanobacteria were also considered in this choice, since their disposal in the environment, even after being treated by physicochemical, electrochemical, or even biological means, is still cause for concern Suspended and immobilized strains of O. tennuis were used, undergoing a process of adaptation to the brackish environment, approximately 3‰, composed of sodium bicarbonate salts, sodium chloride and sodium sulfate in a 1:0 ratio, 7:1,4:1. The azo dye Direct Black 22 (DB22) was used in the synthetic composition and glucose was added as a carbon source. Batch reactors were used and 05 different conditions were applied to provide different metabolic pathways to the strains. The cyanobacterium O. tennuis had a better performance, in terms of removal of toxicity (color and sulfates), when suspended in culture, and using glucose as a source of C and autotrophic metabolism.
KEYWORDS: Textile wastewater treatment, Cyanobacteria, Synthetic wastewater.

1 I INTRODUÇÃO & OBJETIVOS

Recentemente, tem-se avaliado o grande potencial atribuído a um grupo de organismos fotossintetizantes: as cianobactérias. Espécies do grupo Nostoc, Anabaena e Oscillatoria, são as que mais tem sido estudadas para diferentes propósitos, tais como o tratamento de efluentes contendo substancias de difícil degradação, tais como os efluentes têxteis (DELLAMATRICE *et al.,* 2017). Esses organismos, quando cultivados de modo controlado, podem atuar como poderosos agentes de descontaminação de ambientes poluídos, visto que se podem se adaptar, consumir e degradar uma grande variedade de compostos recalcitrantes (SUBASHCHANDRABOSE *et al.,* 2011).

Nos efluentes têxteis, são encontrados sais, sulfatos e corantes sintéticos, que lhe atribuem cor e toxicidade. Estes são geralmente obtidos a partir do carvão mineral e produtos petroquímicos. Normalmente são compostos aromáticos e heterocíclicos, podendo formar mais de 500 intermediários durante o processo de degradação, por vezes mais tóxicos que os próprios corantes, por exemplo, aminas aromáticas, composto altamente carcinógeno (UNNITHAN et al., 2014).

Efluentes têxteis ainda contém altas concentrações de nutrientes (nitrogênio e fósforo), portanto, antes do lançamento nos corpos receptores, eles devem receber um tratamento complementar, para reduzir suas concentrações a níveis de lançamento prescritos por legislações ambientais. Neste contexto, tem sido amplamente estudado espécies de microalgas que podem crescer satisfatoriamente em condições onde o

nitrogênio e fósforo estão em altas concentrações, comuns a muitas águas residuais (ARBIB et al., 2012). O cultivo de microalgas nestes efluentes é explorado não apenas para remover estes nutrientes e o dióxido de carbono gerado no tratamento de águas residuais, mas também para a produção de biomassa microalgal, a qual pode acumular lipídeos, essencial para a produção de biodiesel (UNNITHAN et al., 2014).

Dentre os corantes sintéticos, 70% são utilizados no tingimento de peças têxteis, dos quais destacam-se os do tipo azo (VAN DER ZEE, 2002). Estes têm em sua estrutura química um ou mais grupos azo (–N=N–), ligados a anéis benzênicos ou naftalenos, podendo conter elementos e diversas funções químicas, como cloro (–Cl), metil (–CH3), nitro (–NO2), amina (–NH2), hidroxila (–OH), carboxila (–COOH) e sulfonato (–SO3H). Este último grupo é o mais comum, o que define o corante como um azo sulfonado. Os grupos sulfônicos quando ligados a aminas aromáticas, aumentam o caráter xenobiótico do composto, e a presença de unidades aniônicas fortemente carregadas impede sua passagem através da membrana celular bacteriana, dificultando a sua degradação (VAN DER ZEE, 2002).

Bactérias anaeróbias em sua maioria não conseguem degradar naftalenos sulfonados, ou o degradam de forma incompleta. O grupo sulfônico, como substituinte em aromáticos, raramente ocorre na natureza, o que torna estes compostos resistentes a biodegradação. Estes compostos são particularmente perigosos, por serem mutagênicos, teratogênicos e carcinógenos, e sua eliminação total é de grande importância (NÖRTEMANN et al., 1986; PEREI et al., 2001).

Os resultados obtidos com estudos recentes empregando cianobactérias para remoção de cor, tem sido satisfatórios. Além da cor, ainda possível promover a remoção da toxicidade desses efluentes, atribuída pelos compostos sulfonados presentes nos corantes. Dellamatrice *et al.,* (2017), avaliaram a degradação de 3 diferentes corantes presentes em um efluente a partir do metabolismo dos gêneros de cianobactérias Anabaena, Phormidium e Chococcus sp, e constataram que a degradação dos corantes e a remoção de toxicidade foi equivalente ao de um sistema de tratamento aeróbio-anaeróbio. Assim, conclui-se que o uso de cianobactérias no tratamento terciário de efluentes contendo compostos recalcitrantes é uma opção promissora, e de baixo custo, podendo ser considerada uma opção sustentável de tratamento de efluentes.

Dentro desse contexto, o presente estudo visa otimizar a produtividade de cianobactérias, cultivando-as em esgoto têxtil em escala de laboratório, sob o efeito de fatores, físicos, químicos e biológicos com o objetivo de remover cor e toxicidade do efluente.

2 | METODOLOGIA

2.1 Adaptação das cianobactérias em ambiente salobro

As cepas da cianobactéria *Oscillatoria tennuis,* espécie utilizada para tratar efluentes da indústria têxtil, passaram por um processo de adaptação à ambiente salobro antes do cultivo inicial, uma vez que a salinidade destes efluentes é alta, aproximadamente 3‰. O processo de adaptação foi realizado por um período de 14 dias, nos quais, soluções salinas com diferentes concentrações, compostas por sais de bicarbonato de sódio, cloreto de sódio e sulfato de sódio na proporção 1:0,7:1,4:1, a mesma encontrada nos efluentes de indústrias têxteis, foram adicionadas gradativamente no meio de cultivo com as cepas, até o ambiente alcançar concentração próxima a 4‰.

2.2 Imobilização das cianobactérias

Com o objetivo de otimizar o tratamento de efluentes têxteis foi avaliada se a sua disposição celular no meio de cultivo influenciava de modo positivo ou negativo no objetivo proposto. Para isto, as células da cianobactéria foram dispostas no meio em suspensão e imobilizadas em alginato de sódio. Para imobilizar as células da cianobactéria, foi preparada uma solução de alginato de sódio a 4%, a qual foi autoclavada e misturada ao inoculo das cianobactérias na proporção de 1:1. Os *beads* foram formados com auxílio de uma pipeta volumétrica de 25 mL, ajustada para gotejar a solução dentro de um béquer contendo solução de cloreto de cálcio 0,4M sob agitação.

2.3 Cultivo de cianobactérias em efluente têxtil sintético

Efluente sintético com composição similar ao do efluente têxtil industrial foi utilizado no experimento. Neste, buscou-se avaliar o potencial da cianobactéria *Oscillatoria tennuis*, previamente adaptada à ambiente salobro, em tratar efluente da indústria têxtil, removendo cor e toxidade; e acumular lipídeos intracelular para produção de biodiesel. O corante azo *Direct Black 22* (DB22), adquirido da Exatacor Araquímica Indústria e Comércio de Corantes, foi definido para compor o efluente têxtil sintético. Este foi selecionado por ser um dos corantes mais utilizados nas indústrias de tingimento de jeans da região do Agreste de Pernambuco, sua complexa estrutura química, na qual estão presentes 4 ligações azo, o que lhe confere alta recalcitrância, assim como os subprodutos formados na sua degradação, dos quais destaca-se as aminas aromáticas, e também por ser objeto de estudo de diversas pesquisas desenvolvidas pelo Grupo de Saneamento Ambiental da UFPE (AMARAL *et al.*, 2015; AMORIM *et al.*, 2013; dos SANTOS, 2005; MARCELINO, 2017). Ao efluente, foi adicionado glicose como fonte de carbono para as cianobactérias. A adição da glicose seguiu metodologia descrita por AMORIM *et al.*, 2013. Também foram adicionados uma solução de macro nutrientes descrita por Florêncio *et al.* 1993 e micronutrientes por Perendeci *et al* 2013. Ao final, montou-se 5 reatores nas seguintes condições:

Reatores	Conteúdo	Fonte de Carbono	Fotoperíodo
R1	Efluente têxtil, cianobactéria imobilizada, luze ar	Glicose	Contínuo
R2	Efluente têxtil, cianobactéria suspensa luz e ar	Glicose	Contínuo
R3	Efluente têxtil e ar	Glicose	Contínuo
R4	Efluente têxtil luz e ar	Glicose	Contínuo
R5	Efluente têxtil e luz	Glicose	Contínuo

Tabela 1: Montagem dos reatores para avaliação da remoção de cor e toxicidade.

2.4 Avaliação da remoção de cor e toxicidade

Para avaliar a remoção de cor, o efluente foi submetido a análise colorimétrica com uso de espectofotômetro, e a análise de sulfetos foi realizada para verificar a remoção de toxicidade.

3 I RESULTADOS & DISCUSSÃO

3.1 Remoção de cor e toxicidade (sulfatos)

A partir de uma análise geral dos resultados, é possível observar que houve uma considerável remoção de cor e sulfetos no meio contendo cianobactérias. A remoção de sulfatos no meio, foi atribuída a fatores abióticos, visto que sua redução foi observada em todos os reatores (com e sem cianobactérias) e numa mesma proporção. A redução de sulfato no meio, foi atribuída a uma adesão do composto nas paredes do reator, juntamente com o corante. Os picos observados nas curvas de decaimento de sulfato podem estar relacionada a períodos em que houve o desprendimento de sulfato das paredes dos reatores, sendo assim detectado na análise.

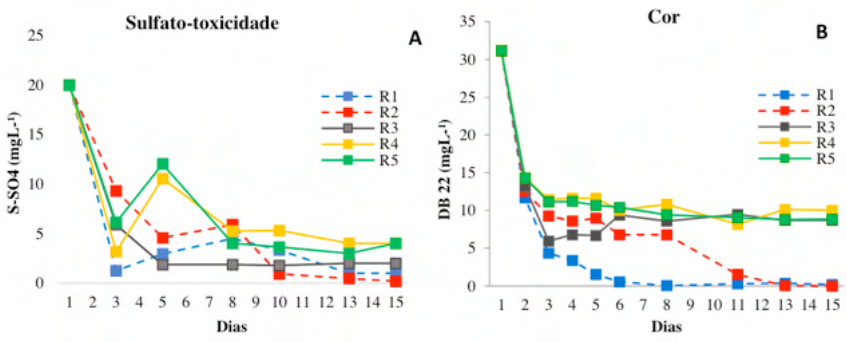


Figura 1. Perfil de decaimento de toxicidade, (sulfato) (A) e cor do efluente têxtil (B).

Para que o sulfato pudesse se tornar-se insolúvel, possivelmente houve uma ligação a algum composto (por exemplo Ca+) presente nos nutrientes adicionados ao reator para crescimento da cianobactéria. Como não houve uma condição anaeróbia no reator, e nem a presença de bactérias (visto que todos os elementos adicionados ao reator foram produzidos com água autoclavada) não deve se considerar a hipótese de redução do sulfato a sulfeto, e deste a enxofre elementar.

Observando o gráfico B, nota-se uma rápida e efetiva redução do corante em todos os reatores contendo o efluente têxtil. Nos dois primeiros dias de experimento, a drástica redução de cor no efluente, deveu-se principalmente à aderência do corante às paredes e mangueiras internas dos reatores, assim como também foi observado no recipiente de preparo do efluente têxtil sintético, poucas horas após seu preparo. O indicativo de remoção de corante devido à sua aderência nas paredes do recipiente de preparo é também observada pela concentração inicial indicada no dia 0, onde nota-se perdas significativas (tendo em vista que a concentração de preparo foi de 35 $mg.L^{-1}$). Sendo assim, considerou-se que nos primeiros dias, a remoção de corante do efluente foi de natureza física, podendo não ter havido neste período, participação biológica efetiva. Esta conclusão é válida, pelo fato de haver uma repetição deste fenômeno em todos os reatores contendo efluente têxtil, independente do seu contato com micro-organismos.

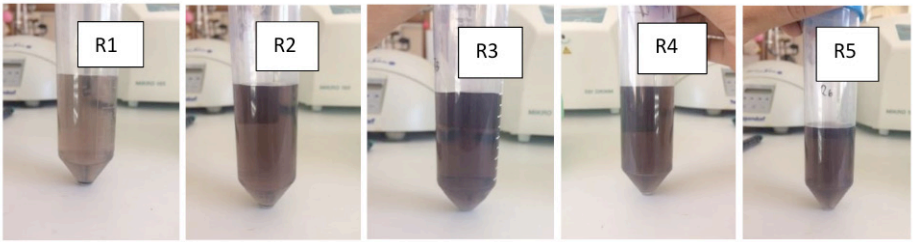


Figura 2: Coloração de efluentes nos diferentes reatores no 1º dia de experimento.

Marcelino (2015), comenta um fato semelhante em seu estudo, onde observou um considerável decaimento da concentração de DB 22, logo nas primeiras horas após o *start-up* dos sistemas biológicos de tratamento, sendo este fato, também associado à aderência do corante às paredes do reservatório do efluente bombeado ao sistema. Dessa forma, considera-se a participação biológica ou de qualquer outra natureza, somente após o segundo dia de experimento (nas duas fases operacionais) pelo fato de também ter havido tal remoção nos reatores que não continham microalgas (suspensas ou imobilizadas) nas primeiras horas, e na mesma proporção.

Constatou-se a presença de pequenas partículas de alginato que foram desprendidas dos beads no fundo reator. Essas partículas continham pequenos grumos de corante associados, levando a crer que a presença de alginato no reator, foi um fator que contribuiu

na redução de cor do efluente do reator R1. Já no reator R2, foi observada a incorporação do corante aos filamentos de células de *Oscillatoria tenuis*, à medida que a biomassa crescia e formavam filamentos ligados às mangueiras e estruturas internas do reator. A descoloração do efluente contendo cianobactéria suspensa, pode ser associado a uma efetiva adsorção do corante à sua parede celular. Por meio do metabolismo, algumas espécies são capazes de promover essa adsorção, a depender de aspectos da biologia da espécies, tais como taxas de crescimento, e estrutura celular. Estruturas filamentosas completamente negras foram observados à partir do terceiro dia de cultivo, quando os primeiros filamentos celulares começaram a se formar. Delamatrice *et al* (2017) comentam em seu estudo, que a cianobactéria filamentosa do gênero Phormidium, foi capaz de reduzir 91% corante índigo blue presente no efluente têxtil, mas foi incapaz de descolorir o efluente contendo o corante sulphur black e o RBBD (Remazol Brilliant Blue). Já espécies do gênero Anabaena, foram capazes de promover descoloração parcial de efluente têxtil contendo corantes negros. Os autores utilizaram reatores aerados, sob regime de iluminação contínua e utilizando como fonte de carbono o amido tipicamente encontrado no efluente.

Algumas pesquisas tem comprovado a eficiência do uso de cianobactérias na degradação de contaminantes persistentes. Cáceres et al., (2008a), comentam que a estrutura de diversos poluentes, podem sofrer transformações a partir do uso de cianobactérias para seu tratamento. Os autores observaram transformações na estrutura química de diversos compostos de difícil degradação, tais como pesticidas organofosforados. Posteriormente, tanto os pesticidas como seus metabólitos, foram encontrados bioacumulados nas paredes celulares das espécies de cianobactérias, comprovando a degradação e acumulação desses compostos pelos organismos Cáceres et al., (2008b). Dessa forma, pode-se dizer que a eficiência da descoloração por meio de cianobactérias em efluentes têxteis contendo corantes, vai depender da estrutura do corante e da biologia de cada espécie aplicada para este fim.

4 I CONCLUSÕES

A cianobactéria *O. tennuis*, teve um melhor desempenho, em termos de remoção de cor e sulfatos, quando suspensa em cultivo, e utilizando glicose como fonte de C e metabolismo autotrófico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Laboratório de Biotecnologia Akdeniz Universitesi, Antalya Turquia, ao Laboratório de Saneamento Ambiental LSA – UFPE, à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) e ao projeto Swindon-Exceed (DAAD).

REFERÊNCIAS

1. AMARAL, F. M. Remoção de corante azo em sistemas de reator anaeróbio/aeróbio e em reator UASB micro-aerado. 101 p. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, Brasil, 2015.

2. AMORIM, S. M.; KATO, M. T.; FLORÊNCIO, L.; GAVAZZA, S. Influence of redox mediators and electron donors on the anaerobic removal of color and chemical oxygen demand from textile efluent. Clean – Soil, Air, Water, 41(9): 928–933, 2013.

3. CÁCERES, T, MEGHARAJ, M.; NAIDU, R. Biodegradation of the pesticide fenamiphos by ten different species of green algae and cyanobacteria. Curr Microbiol. [s.l.], v.57, p.643–6. 2008a.

4. DELLAMATRICE, P. M., SILVA-STENICO, M. E., MORAES, L. A. B. DE, FIORE, M. F., & MONTEIRO, R. T. R. Degradation of textile dyes by cyanobacteria. Brazilian Journal of Microbiology, 48(1), 25–31. 2017.

5. DOS SANTOS, A. B. Reductive decolourisation of dyes by thermophilic anaerobic granular sludge. 176 p. Tese (Pós-doutorado). Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, 2005.

6. MARCELINO, D.; TEIXEIRA, G.; ZAIAT, M.; GAVAZZA, S. Textile effluent treatment by sequential horizontal-flow immobilized sludge reactors. 13th World Congress on Anaerobic Digestion, IWA, Santiago de Compostela, Spain, 2013.

7. SUBASHCHANDRABOSE, Suresh R. et al. Consortia of cyanobacteria/microalgae and bacteria: Biotechnological potential. **Biotechnology Advances,** [s.l.], v. 29, n. 6, p.896-907, nov. 2011.

8. UNNITHAN, VEENA V.; UNC, ADRIAN; SMITH, GEOFFREY B. Role of Nannochloropsis salina for the recovery and persistence of MS2 virus in wastewater. **Algal Research**, [s.l.], v. 4, p.70-75, abr. 2014.

9. VAN DER ZEE, F. P. Anaerobic azo dye reduction. 142p. Tese (Doutorado) - Wageningen University, Wageningen, The Netherlands. 2002.

CAPÍTULO 3

A APLICAÇÃO DE *ANALYTIC NETWORK PROCESS* - ANP EM LOGÍSTICA REVERSA: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

Data de aceite: 01/09/2022

Jovani Patias
Professor na FADISMA (Faculdade de Direito de Santa Maria)
Santa Maria/RS
http://lattes.cnpq.br/9533099145159502

Leoni Pentiado Godoy
Doutora em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria – Rio Grande do Sul – Brasil
http://lattes.cnpq.br/7499692835204617

Murilo Sagrillo Pereira
Doutorando em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria – Rio Grande do Sul – Brasil
http://lattes.cnpq.br/3382360478141721

Bruno Miranda dos Santos
Doutorando em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
http://lattes.cnpq.br/0418897010035482

Cyro Rei Prato Neto
Mestre em Engenharia de Produção - Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
Santa Maria – Rio Grande do Sul – Brasil
http://lattes.cnpq.br/0755587898182238

RESUMO: As sociedades enfrentam desafios de sustentabilidade cada vez mais latentes, que impliquem em características específicas e ações eficientes. Como forma de atender a questões ambientais e de eliminação de resíduos, legislação aplicada e preocupação social corporativa e ambiental, as empresas estão se concentrando em práticas de logística reversa. Portanto, o objetivo do estudo foi mapear as publicações disponíveis sobre Analytic Network Process - ANP aplicados a logística reversa nas bases SCOPUS e Web of Science (WOS). Para tanto, utilizou-se o software VOSviewer como ferramenta auxiliar para a análise bibliométrica. Os resultados apontaram que os Estados Unidos concentra o maior número de produções científicas, com pouca participação de países latinos. Assim, o autor com maior co-citações é Thomas Saaty, precursor no estudo de Analytic Network Process e outros modelos de apoio a tomada de decisão, e as produções mais relevantes centram suas pesquisas em aplicações dos modelos e em revisões literais, sem muito agregar ou aperfeiçoar o método em análise.

PALAVRAS-CHAVE: Analytic Network Process, tomada de decisão, logística reversa, VOSviewer.

THE APPLICATION OF ANALYTIC NETWORK PROCESS - ANP IN REVERSE LOGISTICS: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

ABSTRACT: Societies face ever more latent sustainability challenges, which imply specific characteristics and efficient actions. As a way to address environmental issues and waste disposal, applied legislation and corporate and environmental social concern, companies are focusing on reverse logistics practices. Therefore, the objective of the study was to map

the available publications on Analytic Network Process - ANP applied to reverse logistics in the SCOPUS and Web of Science (WOS) databases. For that, the VOSviewer software was used as an auxiliary tool for bibliometric analysis. The results showed that the United States concentrates the largest number of scientific productions, with little participation of Latin countries. As well, the author with the highest co-quotes is Thomas Saaty, a forerunner in the Analytic Network Process study and other models to support decision-making, and the most relevant productions focus their research on model applications and on literal reviews, without much Aggregate or refine the method under review.
KEYWORDS: Analytic Network Process, decision making, reverse logistics, VOSviewer.

1 I INTRODUÇÃO

Nos últimos anos a sustentabilidade tem ganhado notório espaço no contexto dos cidadãos, especialmente no cenário atual dominado pela intensa concorrência, exigindo clientes e tecnologias em rápida mudança, refletindo diretamente nas práticas organizacionais e nos processos produtivos. As sociedades enfrentam desafios de sustentabilidade cada vez mais latentes, que impliquem em características específicas e ações eficientes (Lang, et al., 2012). Essa conjuntura atingem todo o ambiente mercadológico, da produção ao consumidor final.

Como forma de atender a questões ambientais e de eliminação de resíduos, legislação aplicada e preocupação social corporativa e ambiental, as empresas estão se concentrando em práticas de logística reversa (Prakash; Barua, 2016), que versa a logística no retorno de produtos, redução de desperdícios, reciclagem, reforma ou remanufatura (Stock, 1998).

No processo de melhoria contínua das organizações, com vistas a agregar valor ao produto e competitividade, os modelos de modelagem matemática voltados a tomada de decisão tem ganhado notoriedade nos escritos científicos, em vista de constituir importantes análises acerca do comportamento das organizações e da aplicabilidade teórica desses modelos. O modelo *Analytic Network Process* - ANP é um deles, pois permite análises das relações de dependência entre os indicadores propostos (Hernández; Marins; Salomon, 2011). Dessa forma, questiona-se: O quanto a literatura mundial trabalha o modelo ANP nos estudos de logística reversa?

A fim de responder esta questão, o objetivo do estudo foi mapear as publicações disponíveis sobre ANP aplicados a logística reversa nas bases SCOPUS e Web of Science (WOS). Para tanto, utilizou-se o software *VOSviewer* como ferramenta auxiliar para a análise bibliométrica. A pesquisa justifica-se em vista de oportunizar vantagens a comunidade cientifica na identificação de oportunidade de pesquisa e possíveis lacunas, resultando em novas contribuições teóricas para o conhecimento científico. Assim como as organizações, com o diagnóstico de práticas eficientes que, implantadas, fomentaram vantagens competitivas e agregação de valor aos produtos.

2 | REVISÃO TEÓRICA

2.1 Logística reversa

Os estudos e termos envoltos a logística reversas ganharam impulso a partir da década de 70, tendo seu foco principal no retorno de bens para serem processados em reciclagem dos materiais (Hernández; Marins; Salomon, 2011). Efendigil, Önüt e Kongar (2008) destacam que a logística reversa desempenha um papel importante na obtenção de "cadeias de suprimento verdes", oferecendo aos clientes a oportunidade de devolver os produtos garantidos ou defeituosos ao fabricante.

Dessa forma, sua concepção não se restingue somente a questões ambientais, nem é limitado à gestão de resíduos, mas também envolve aspectos da melhoria contínua no sistema de produção, na criação de canais para logística reversa e o acompanhamento e rastreabilidade dos fluxos materiais envolvidos (Corrêa; Xavier, 2013). Em vista disso, uma estrutura de logística reversa eficiente pode levar a um retorno significativo sobre o investimento, bem como a um aumento significativo da competitividade no mercado (Efendigil; Önüt; Kongar, 2008).

Portanto, com o aumento progressivo das preocupações ambientais e o foco na eficiência, bem como a necessidade de melhoras as competências organizacionais, destacam Kaynak, Koçoğlu e Akgün (2014), possibilitam que a logística reversa, se usada eficazmente, resulta em maior satisfação por parte dos clientes e colaboradores, diminuição do nível de investimentos em recursos e redução de custos de armazenamento, além de fomentar ações socioambientais.

2.2 Método *Analytic Network Process* - ANP

Desenvolvido pelo matemático Thomas Saaty, o método *Analytic Network Process* - ANP possui a característica de englobar critérios qualitativos e quantitativos, estruturados em rede, onde as relações de dependências e *feedback* entre os elementos estudados são permitidas (Silva; Nascimento; Belderrain, 2010). Pode ser considerada uma evolução da *Analytic Hierarchy Process* - AHP, do mesmo autor. A principal contribuição para o conhecimento científico (tanto do método AHP, quando do ANP), consiste na decomposição ou agregação de elementos de um problema através do uso da modelagem matemática, com a função de constituir uma escala de prioridades relativas entre os elementos mencionados, podendo ser usado para estabelecer medidas tanto para o domínio físico ou social (Saaty, 1994).

O procedimento de comparação par a par entre ANP e AHP é semelhante, a principal diferença, segundo Silva, Oliveira e Belderrain (2010), é que a AHP analisa cada critério de forma independente um do outro, fator esse que o ANP trata no formato de uma rede de critérios, não exigindo que os critérios sejam independentes (Figura 1).

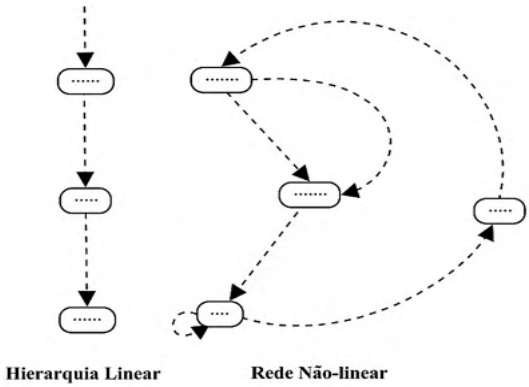


Figura 1. Estrutura hierárquica.

Fonte: Adaptado de Saaty e Vargas (2006).

A estrutura de *feedback* presente no modelo ANP não tem a forma linear de um hierarquia, mas se parece mais com uma rede, com os ciclos de ligar os seus elementos e com laços que ligam um componente para si (Saaty, 2006). Tais características determinam as etapas para o desenvolvimento do método (Figura 2).

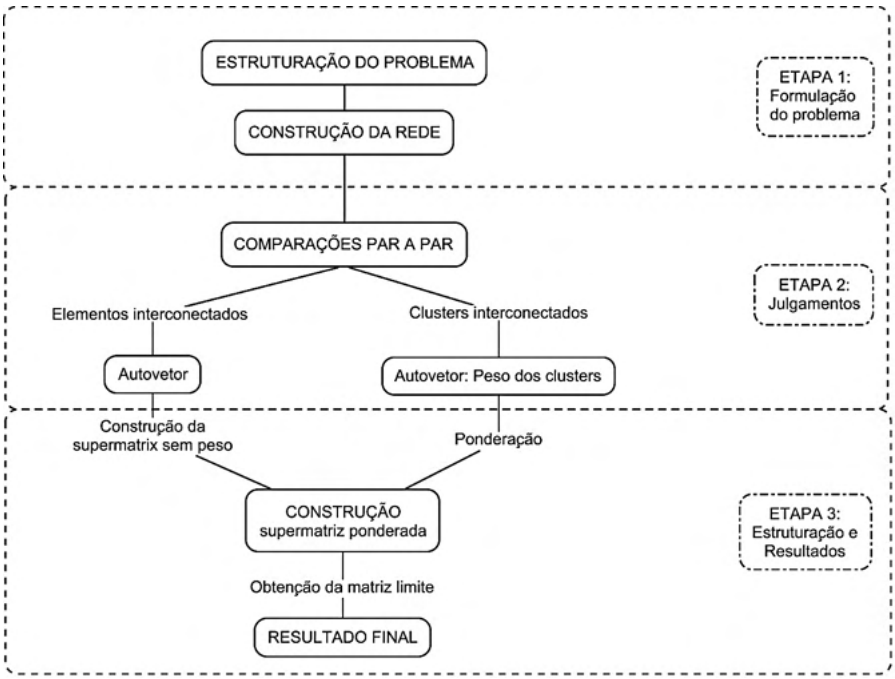


Figura 2. Etapas ANP.

Fonte: Adaptado de Silva, Oliveira e Belderrain (2010a).

Cada etapa contempla passos do modelo, apresentados por Silva, Oliveira e Belderrain (2010) por:

- Etapa 1: Nesta etapa definem-se o objetivo do processo decisório, os clusters, alternativas para a solução do problema. Uma vez definido os clusters, define-se as relações de dependência e feedback entre os elementos destes clusters;
- Etapa 2: Realiza-se as comparações par a par entre todas as conexões (tanto com elementos, quanto entre clusters), considerando a Escala Fundamental de Saaty. Após as comparações, as matrizes são avaliadas para verificar a consistência dos julgamentos;
- Etapa 3: Estrutura-se as supermatriz para analisar interdependência, em três configurações: sem peso, ponderada e matriz limite. Esta matriz limite é originada através da elevação das demais matrizes a potência. Por fim, obtém-se os resultados com a ordenação das ações.

Salienta-se que a supermatriz apresenta configuração diversa da presente no modelo AHP. A figura 3 apresenta esta matriz:

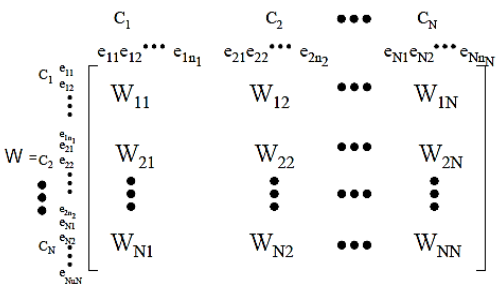


Figura 3. Supermatriz ANP.

Fonte: Adaptado de Saaty (2008).

O resultado oriundo destas matrizes é bastante complexo e não-linear, os limites podem não convergirem, a menos que a matriz seja de coluna estocástica, onde cada uma das suas colunas soma um. Se as colunas somam $\lambda_{max}(T)=1$, então o valor principal de uma matriz está entre suas maiores e menores somas de coluna (Saaty, 2008). Sua formulação centra-se nas equações 1, 2 e 3:

$$\max \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \geq \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{W_j}{W_i} = \lambda_{max} \text{ para } \max W_i \quad (1)$$

$$\min \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \leq \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \frac{W_j}{W_i} = \lambda_{max} \text{ para } \min W_i \quad (2)$$

E para uma matriz estocástica tem-se:

$$1 = \min \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \leq \lambda_{max} \leq \sum_{j=1}^{n} a_{ij} = 1 \quad (3)$$

Com isso, permite-se modelar as interrelações entre os elementos que definem cada um dos fatores em análise (Wijnmalen, 2007). Possibilitando uma tomada de decisão mais precisa e reduzir a complexidade das problemáticas envoltas aos processos de gestão e produção das organização.

3 | METODOLOGIA

O processo metodológico, importante para delinear as etapas inerentes a pesquisa científica (Gil, 2010), divide-se em duas partes, conforme apresentado na Figura 4.

Figura 4. Procedimentos metodológicos.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

O presente estudo buscou desenvolver, por meio de análise bibliométrica, que emprega uma abordagem quantitativa para a descrição, avaliação e monitoramento dos estudos publicados (Zupic; Čater, 2015), de artigos científicos constantes na base de produções científicas da *Scopus* e *Web of Science*, estudos que versam a comunalidades do método ANP e assuntos voltados a logística reversa. A técnica bibliográfica (Figura 5) utilizada centra-se nas principais leis de Bradford, Lotka e Zipf, que evidenciam produtividade de periódicos, de autores e a frequência de ocorrência de palavras (Guedes; Broschiver, 2005).

ITEM	**ESCOLHA**	
Base de dados	SCOPUS	Web of Science
Termos pesquisados	"*Analytic Network Process*"; "ANP" AND "Logística reversa"; "*reverse logistics*"	
Áreas selecionadas	Todas	
Anos selecionados	Sem filtro de tempo	
Tipos de documento	*Article, conference paper*	*Article, proceding papers*

Figura 5. Escolhas para execução da pesquisa.

Fonte: Elaborado pelos autores (2017).

Foram identificados um total de 47 artigos, fruto de análise criteriosa visando filtrar os estudos semelhantes nas bases de periódicos utilizadas. O método utilizado para o filtro e seleção dos artigos é o não-probabilístico com amostragem por conveniência, em que a triagem confia na interpretação pessoal dos pesquisadores (Malhotra, 2012). As representações e estruturas de análise foram realizados no *software VOSviewer* e o MS Excel®, pois entende-se que os mesmos oferecem ambiente favorável, ajustados às especificidades do estudo.

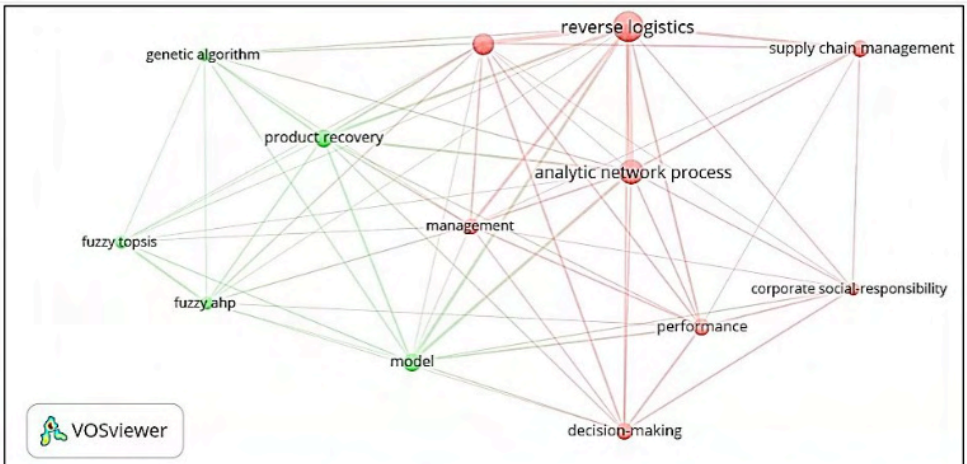
4 I RESULTADOS

Como forma de atingir o objetivo ora proposto, buscou-se portanto o comportamento das publicações dentre os autores mais citados, os países com maior número de publicações, periódicos mais relevantes e as palavras-chave mais utilizadas na descrição das obras em estudos. As publicações quanto ao tema apresentam um quadro de países que centram quantitativamente os estudos, onde o país com maior número de publicações são os Estados Unidos (EUA), com a presença de 10 documentos, seguido pela Turquia (9 documentos), Índia e Taiwan (7 documentos) e a China (6 documentos). Quanto aos periódicos, o Quadro 1 apresenta o cinco principais, com as respectivas quantidades de publicações.

Periódicos	Número de artigos
Expert systems with applications	04
Computers & industrial engineerring	03
International journal of advanced manufacturing technology	03
Logistics research and practice in China	02
Production planning & control	02

Quadro 1. Periódicos com maior número de artigos. Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Pelo fato de não haver periódicos que versam o método ANP (e suas diversificações) unicamente, observa-se que as produções científicas espalham-se pela conjuntura de *journals* presentes na comunidade acadêmica. Ressalta-se ainda a inexistência de periódicos da América Latina que tenham recebido mais que uma produção na área. Aprofundando a pesquisa e buscando compreender o comportamento estrutural das produções científicas em análise, se apresenta na Figura 6 as palavras-chaves mais utilizadas e a quantidade encontrada.

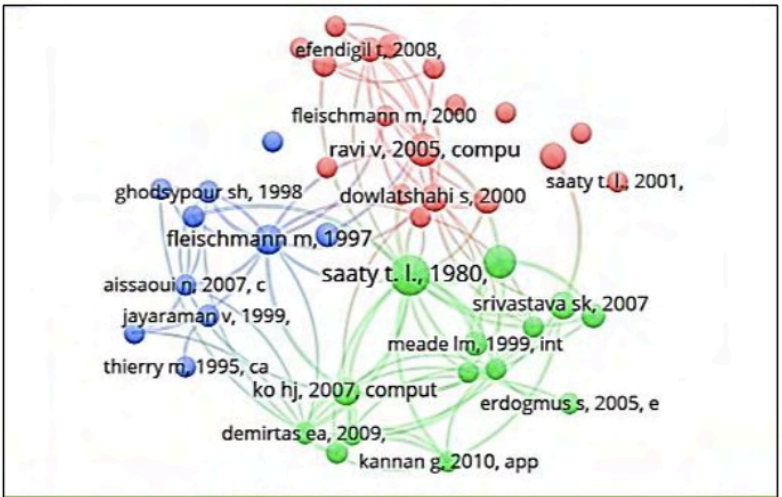


Palavras-chave	Ocorrência	Co-ocorrência
Reverse logistics	27	78
Analytic network process	18	49
Analytic hierarchy process	14	45
Model	09	38
Product recovery	09	33

Figura 6. Ocorrência de palavras-chave.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Quanto às co-citações, utilizou-se o *software* para desenvolver um diagrama de co-citações de referências (Figura 7), ou seja, trabalhos que são referenciados conjuntamente na constituição dos artigos científicos, demostrando proximidade entre os temas abordados pelos estudos. Foram selecionados artigos que surgem ao menos 8 vezes dentre os trabalhos em análise.



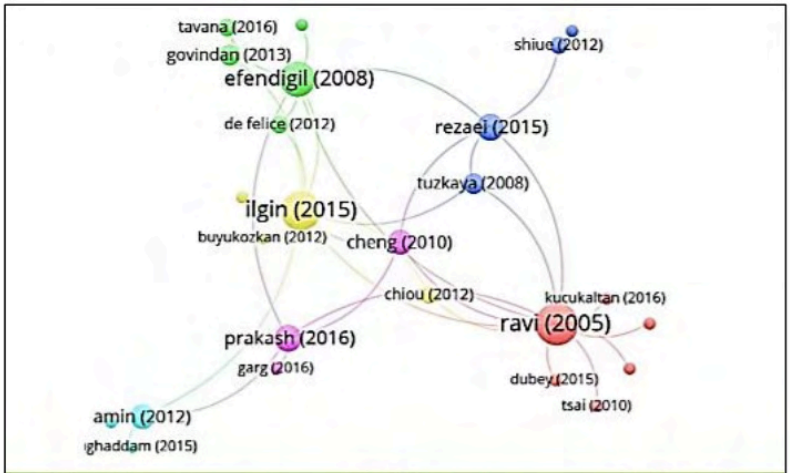
Referências citadas (autor, título)	Citações
SAATY (1980): The Analytic Hierarchy Process.	18
RAVI (2005): Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach.	12
SAATY (1996): Decision Making with Dependence and Feedback: The Analytic Network Process.	12
FLEISCHMANN, et al. (1997): Quantitative models for reverse logistics: A review	10
DOWLATSHAHI (2000): Developing a Theory of Reverse Logistics	09
KO; EVANS (2007): A genetic algorithm-based heuristic for dynamic integrated forward/reverse logistics network for 3PLs.	09
SRIVASTAVA (2007): Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review	09
ROGERS (2001): An examination of reverse logistics practices.	08
SARKIS (2003): A strategic decision framework for green supply chain management.	08

Figura 7. Co-citações (referências).

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

Há autores que estão apresentados isoladamente dentro da rede, esse fato ocorre, possivelmente, pelo motivo de apresentarem citações suficientes, permitindo sua visualização do gráfico, limitando, porém, sua ligação aos demais autores. Os autores localizados ao centro apresentam maior concentração de citações.

Em seguida, a Figura 8 destaca os trabalhos mais influentes diagnosticados no decorrer da pesquisa, seus títulos e fontes.



AUTORES	TITULO	FONTE, ANO
RAVI, V.; SHANKAR, R.; TIWARI, M. K.	*Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach*	**Computers & Industrial Engineering** (2005)
ILGIN, M. A; GUPTA, S. M.; BATTAIA, O.	*Use of MCDM techniques in environmentally conscious manufacturing and product recovery: State of the art*	**Journal of Manufacturing Systems** (2015)
EFENDIGIL, T.; ONUT, S.; KONGAR, E.	*A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness*	**Computers & Industrial Engineering** (2008)
PRAKASH, C.; BARUA, M. K.	*An analysis of integrated robust hybrid model for third-party reverselogistics partner selection under fuzzy environment*	**Resources, Conservation and Recycling** (2016)
REZAEI, J.	*A systematic review of multi-criteria decision-making applications in reverse logistics*	**Transportation Research Procedia** (2015)

Figura 8. Artigos mais influentes.

Fonte: Dados da pesquisa (2017).

É possível observar, em conformidade a Figura 8, que o estudo de Ravi, Shankar e Tiwari (2005) é o artigo mais citado dentre os analisados, e busca apresentar, com base no método ANP, um modelo para avaliar alternativas para descarte de computadores *end-of-life* (fim de vida), de forma hierárquica e relacionada os determinantes, dimensões e capacitadores da logística reversa com alternativas disponíveis ao tomador de decisões, com abordagem que vincula os fatores financeiros e não-financeiros, tangíveis e intangíveis, internos e externos, proporcionando assim um quadro holístico para a seleção de uma alternativa para as operações de logística reversa para esses computadores.

O artigo de Ilgin, Gupta e Battaïa (2015) apresenta uma revisão de literatura de 190 estudos (aproximadamente) sobre uso de técnicas de apoio a tomada de decisão - MCDM (dentre elas, o método ANP) voltados a produção ambientalmente consciente, na logística reversa de produtos e sua recuperação ou desmontagem, reciclagem e remanufatura. Os resultados apontaram que os critérios ambientais mais utilizados pela literatura incluem

a concepção de produtos ecológicos, a redução do consumo de materiais e de energia, a utilização de tecnologias respeitadoras do ambiente, o controlo da poluição, o sistema de gestão ambiental, o consumo ecológico, as embalagens verdes e o sistema de gestão de substâncias perigosas. Quanto aos MCDM, entre as técnicas mais utilizadas, pode-se encontrar AHP, ANP e TOPSIS. Entretanto, a utilização de outras técnicas, como MACBETH, DEMATEL, ELECTRE, PROMETHEE é surpreendentemente rara, assim como o uso de simulação integrada com técnicas MCDM. Nesta premissa, os autores destacam a oportunidade para desenvolver metodologias de soluções que integrem a simulação com técnicas de apoio a tomada de decisão MCDMT para resolver problemas complexos voltados a produção ambientalmente consciente, como planejamento de desmontagem, logística reversa, entre outros (Ilgin; Gupta; Battaïa, 2015).

Os estudos de Efendigil, Önüt e Kongar (2008) versam propor um baseado em redes neurais artificiais e lógica fuzzy para auxiliar eficientemente os tomadores de decisão na determinação do provedor de logística reversa terceirizado mais apropriado. Método é um dos primeiros esforços para considerar explicitamente os prestadores de serviços de logística reversa usando as técnicas de inteligência artificial (Efendigil; Önüt; Kongar, 2008).

Prakash e Barua (2016) buscam identificar e selecionar, através do uso de fuzzy e outros métodos de apoio a tomada de decisão, como ANP, critérios de seleção e técnica fuzzy para o desempenho da ordem por similaridade à solução ideal (TOPSIS) para a seleção e desenvolvimento de parceiros em logística reversa e, como resultado, essa abordagem mede a imprecisão das opiniões dos especialistas no processo de avaliação e seleção, o que torna o processo mais eficaz e compreensível.

Por fim, a pesquisa de Rezaei (2015) aplicou análise de revisão literal em 80 artigos que aplicam diferentes métodos multicritérios de tomada de decisão (MCDM), dentre eles o método ANP, para diferentes problemas de logística reversa, classificando os estudos nas seguintes dimensões: problema, contexto e metodologia. Os apontaram mostram que a reciclagem e o método AHP são o problema e a metodologia mais pesquisados, respectivamente.

5 I CONCLUSÕES

O objetivo do estudo foi mapear as publicações disponíveis sobre ANP aplicados a logística reversa nas bases SCOPUS e Web of Science (WOS). Entendeu-se, com a análise, que o número de produções sobre a temática abordada não é considerável (47 produções), com a presença quase inexistente de produções na América Latina, concluindo que possivelmente os métodos de apoio a tomada de decisão ainda são pouco empregado em conjunto a logística reversa.

Todos os aspectos analisados da pesquisa apontam forte influência do precursor do

estudo (Thomas Saaty), sem qualquer alteração considerável, sendo apenas aplicadas em modelos com outros métodos existentes. Os estudos mais influentes versão aplicações em modelagem matemática conjuntamente com outros modelos e estudos de revisão literal.

Dessa maneira, seria imprescindível desenvolver maiores estudos a respeito da aplicação de ANP em logística reversa, em pequenas, médias e grandes empresas. Dentre as limitações encontradas, destaca-se a restrição do *software* aplicado para análise a um número limitado de bases científicas de periódicos, mas essa condição não inviabiliza a pesquisa científica, visto que, estas bases que o programa contempla atendem a um número expressivo de periódicos.

REFERÊNCIAS

Corrêa, H. L.; Xavier, L. H. (2013). Concepts, design and implementation of Reverse Logistics Systems for sustainable supply chains in Brazil. *JOSCM: Journal of Operations and Supply Chain Management*, *6*(1), 1.

Efendigil, T., Önüt, S.; Kongar, E. (2008). A holistic approach for selecting a third-party reverse logistics provider in the presence of vagueness. *Computers & Industrial Engineering*, *54*(2), 269-287.

Gil, A. C. (2010). *Como elaborar projetos de pesquisa* (5 ed.). São Paulo: Atlas.

Guedes, V. L.; Borschiver, S. (2005). Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. *VI ANAIS ENCONTRO NACIONAL DE CIÊNCIAS DA INFORMAÇÃO.* Salvador/BA.

Hernández, C. T., Marins, F. A. S.; Salomon, V. A. (2011). Análise da importância dos indicadores de desempenho da logística reversa mediante a utilização do Analytic Network Process. *43rd Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional.* Ubatuba, Brasil.

Ilgin, M. A., Gupta, S. M.; Battaïa, O. (2015). Use of MCDM techniques in environmentally conscious manufacturing and product recovery: State of the art. *Journal of Manufacturing Systems*, *37*, 746-758.

Kaynak, R., Koçoğlu, İ.; Akgün, A. E. (2014). The role of reverse logistics in the concept of logistics centers. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, *109*, 438-442.

Lang, D. J. et al. (2012) Transdisciplinary research in sustainability science: practice, principles, and challenges. *Sustainability science,* v. 7, n. 1, p. 25-43.

Malhotra, N. K. (2012). *Pesquisa de marketing:* uma orientação aplicada. – 6. ed. – Porto Alegre: Bookman.

Prakash, C.; Barua, M. K. (2016). An analysis of integrated robust hybrid model for third-party reverse logistics partner selection under fuzzy environment. *Resources, Conservation and Recycling*, *108*, 63-81.

Rezaei, J. (2015). A systematic review of multi-criteria decision-making applications in reverse logistics. *Transportation Research Procedia*, *10*, 766-776.

Ravi, V., Shankar, R.; Tiwari, M. K. (2005). Analyzing alternatives in reverse logistics for end-of-life computers: ANP and balanced scorecard approach. *Computers & industrial engineering*, *48*(2), 327-356.

Saaty, T. L. (1994). Homogeneity and clustering in AHP ensures the validity of the scale. *European Journal of Operational Research*, v. 72, n. 3, p. 598-601.

Saaty, T. L. (2006). Rank from comparisons and from ratings in the analytic hierarchy/ network processes. *European Journal of Operational Research,* v. 168, n. 2, p. 557-570.

Saaty, T. L. (2008). *The Analytic Network Process.* University of Pittsburgh.

Saaty, T. L.; Vargas, L. G. (2006). *Decision making with the analytic network process:* economic, political, social and technological applications with benefits, opportunities, costs and risks. Springer Science & Business Media.

Silva, A. C. S.; Oliveira, C. A.; Belderrain, M. C. N. (2010). *Analytic network process.* In.: Marins, F. A. S.; Pereira, M. dos S.; Belderrain, M. C. N.; Urbina, L. M. S. *Métodos de tomada de decisão com múltiplos critérios:* aplicações na indústria aeroespacial. São Paulo: Blucher Acadêmico.

Stock, J. R. (1998). *Development and Implementation of Reverse Logistics Programs.* Council of Logistics Management.

Wijnmalen, D. (2007). Analysis of benefits, opportunities, costs, and risks (BOCR) with the AHP–ANP: A critical validation. *Mathematical and Computer Modelling*, v. 46, n. 7, p. 892-905.

Župič, I.; Čater, T. (2015). Bibliometric Methods in Management and Organization. *Organizational Research Methods*, 1-45.

CAPÍTULO 4

UMA AVALIAÇÃO DOS INDICADORES DE PERDA DE ÁGUA NUM PERÍODO DE ESCASSEZ HÍDRICA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA NO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 07/08/2022

Diênifer Calegari Leopoldino Guimarães
Instituto de Pós-Graduação - IPOG
Vitória-ES
http://lattes.cnpq.br/6772828305591250

RESUMO: Este artigo tem como objetivo avaliar o desempenho dos serviços de distribuição de água do município de Vitória – ES, por meio dos indicadores de perda. A metodologia aplicada foi através de coleta das informações básicas nos bancos de dados do SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento) e INMET (Instituto Nacional Meteorológico) para o período de escassez hidrica no Estado do Espírito Santo entre 2012-2018. Os resultados apresentados, por meio de Figuras, foram discutidos com base em referências bibliográficas. Concluiu-se que o controle do volume distribuído e consumido como estratégia de gerenciamento para reduzir perda de água não é suficiente, por se tratar de informações de oferta e demanda. O conceito de perda de água tem que suprir isso e implicar na necessidade de ações eficiente pelo prestador de serviço por meio dos fatores-chaves. Como sugestão, é relevante a aplicação dos índices operacionais PRAI e IVI, para determinar o desempenho real de um sistema de distribuição.
PALAVRAS-CHAVE*:* Água; perda; indicadores; PRAI; IVI.

1 I INTRODUÇÃO

O Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos, conduzido pela Secretaria Nacional de Saneamento do Ministério de Desenvolvimento Regional com base em dados do Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – SNIS, apresenta informações e indicadores de distribuição de água dos municípios brasileiros, desde 1995. Os indicadores divulgados mais atuais são de dois anos antecedentes ao ano de publicação, neste caso, referem-se ao histórico de 2018.

O sistema do município de Vitória obteve, em 2018, o nível de 32,2% no indicador de perda na distribuição. Os indicadores de perda são importantes para avaliação dos serviços prestados e podem resultar no aumento da oferta de água e economia de recursos naturais, operacionais, de energia elétrica e recursos financeiros (BRASIL, 2019).

Esse artigo tem como objetivo avaliar o desempenho do serviço do sistema de distribuição de água do município de Vitória – ES, por meio das informações de volume distribuído, consumido, número de ligações ativas, temperatura, precipitação total, receita, investimento, despesa com produto químico, consumo e despesa com energia elétrica comparado aos indicadores de perda de água divulgados pelo SNIS, referente ao histórico de 2012 a 2018.

2 | SISTEMA DE DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA NO MUNICÍPIO DE VITÓRIA

A capital do ES, cidade de Vitória, é abastecida por meio de três Estações de Tratamento de Água (ETA), que estão localizadas nos municípios de Cariacica, Serra e Vila Velha. A ETA Carapina, localizada no município da Serra, capta água do Rio Santa Maria da Vitória e distribui uma vazão média diária de 400 L/s, enquanto a ETA Cobi e ETA Vale Esperança, localizadas no município de Cariacica e Vila Velha, captam água do Rio Jucu e distribuem uma vazão média diária entre 400 e 600 L/s para o município de Vitória, respectivamente (Figura 1).

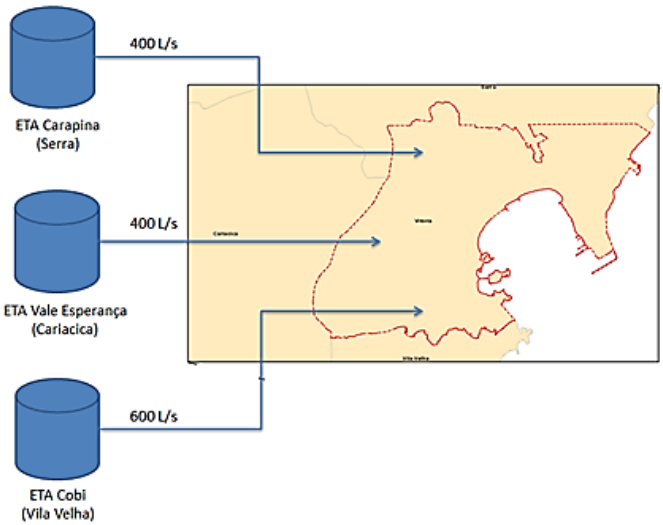


Figura 1 – Esquema da vazão distribuída por ETA ao abastecimento de Vitória

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

A redução e controle de perda de água no sistema de distribuição de Vitória baseia-se nos Documentos Técnicos lançados pelo Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água (PNCDA, 2015) que abrangem os temas apresentados na Figura 2:

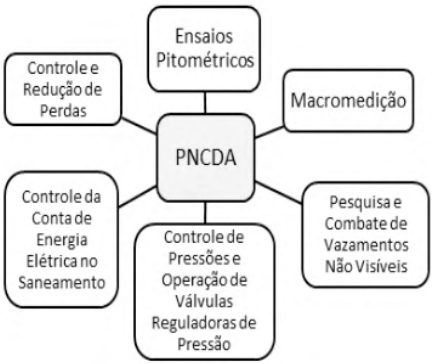


Figura 2 – Temas nas gestões de perda de água do programa nacional de combate ao desperdício de água (PNCDA)

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

Além desses temas técnicos orientados pelo PNCDA a prestadora de serviço que atua em Vitória realiza outras atividades de controle e redução de perda:

- Análise crítica do volume distribuído de água (macromedição);
- Análise crítica do volume consumido de água (micromedição);
- Combate aos vazamentos visíveis;
- Controle de nível dos reservatórios de distribuição para evitar extravasamentos.
- Pesquisa de vazamentos não visíveis;
- Controle operacional de elevatórias e dispositivos reguladores de pressão.

A prestadora de serviço atua também com melhorias no sistema de distribuição de água no município, como execução e ampliação de rede de distribuição e ligações domiciliares, para atender as metas definidas no Plano Municipal de Saneamento Básico (2015), as Legislações Municipais, Estaduais e Federais.

3 I SISTEMAS DE MEDIÇÃO – MACROMEDIÇÃO E MICROMEDIÇÃO

O volume de água distribuído em Vitória é medido através de macromedidores de vazão na saída das ETAs e transmitido, diariamente, por meio de equipamentos de telemetria ao sistema de dados da prestadora de serviço, que permite gerenciar e analisar o comportamento da distribuição de água em tempo real.

Os sistemas de medição de volume de água distribuído no sistema - macromedição e o volume utilizado pelos consumidores - micromedição são as informações básicas para o cálculo dos indicadores de perda e se constituem em instrumentos indispensáveis à gestão. O conhecimento adequado dessas informações, permite explorar as melhores formas de operação dos sistemas de abastecimento (BRASIL, 2019).

A medição dos consumos de água em cada ligação, possibilita a divisão dos custos da manutenção e implantação de melhorias, da mesma forma que também contribui para preservação do meio ambiente, pois indica possíveis vazamentos ou alto consumo de água na residência do consumidor. Associado a medição de vazão nas saídas das estações de tratamento do sistema, ajuda a identificar perda na distribuição e fornece informações fundamentais ao controle e operação do volume distribuído de água (BRASIL, 2019).

Tecnologias avançadas de medição e de transferência de dados permitem avaliar o comportamento da distribuição de água, analisar os dados de alta resolução e apontar padrões incomuns causados por vazamento de água (FERRANTE et al., 2007). A importância do controle de dados de vazão neste nível não deve ser subestimada, porque esta informação de consumo excessivo de água indica ineficiência ao uso e possibilita a investigação de vazamentos na infraestrutura.

4 I INDICADORES DE PERDA DE ÁGUA

Perda de água é definido pela diferença entre o volume de água distribuído e o que é efetivamente contabilizado como consumo por parte da população (ALEGRE et al., 2006). Os indicadores de perda no sistema de distribuição de água são indícios de vazamentos, ligações irregulares e falhas nas medições (BRASIL, 2019).

O cálculo dos indicadores de perda é feito e divulgado pelo SNIS (Tabela 1), que é a base de dados do setor de saneamento brasileiro e se assemelha com os conceitos e padrões de perda da IWA (International Water Association):

> "O SNIS calcula indicadores de perda em sistemas de distribuição de água segundo três unidades diferentes: em percentual – índice de perda na distribuição (IN049); em litros por ligação ao dia – índice de perda por ligação (IN051); e em metros cúbicos por quilômetro de rede ao dia – índice bruto de perda lineares (IN050). [...] Importante destacar que os três indicadores calculados pelo SNIS não diferem o valor da perda real e aparente, ou seja, não se pode afirmar que os valores divulgados se caracterizam como desperdício de água, necessariamente. Esta limitação se dá principalmente no próprio levantamento das informações por parte de alguns prestadores de serviços que não dispõem de técnicas mais precisas na avaliação de vazamentos na rede, submedição em hidrômetros, fraudes, dentre outras" (BRASIL, 2019).

Item	IN049 – Índice de perda na distribuição (IPD)		
01	Forma de Cálculo	Informações envolvidas	Unidade
	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG006 + AG018 - AG024} \times 100$	AG006 – Volume de água distribuído AG010 – Volume de água consumido AG018 – Volume de água tratada importada AG024 – Volume de água de serviço	%
Item	**IN050 – Índice bruto de perda lineares**		
02	Forma de Cálculo	Informações envolvidas	Unidade
	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG005 *} \times \frac{1.000}{365}$	AG005 – Extensão de rede de água AG006 – Volume de água distribuído AG010 – Volume de água consumido AG018 – Volume de água tratada importada AG024 – Volume de água de serviço	m³/dia/km
Comentários: AG005* - utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.			
Item	**IN051 – Índice de perda por ligação (IPL)**		
03	Forma de Cálculo	Informações envolvidas	Unidade
	$\frac{AG006 + AG018 - AG010 - AG024}{AG002 *} \times \frac{1.000.000}{365}$	AG002 – Quantidade de ligações ativas de água AG006 – Volume de água distribuído AG010 – Volume de água consumido AG018 – Volume de água tratada importada AG024 – Volume de água de serviço	L/dia/lig
Comentários: AG002* - utiliza-se a média aritmética dos valores do ano de referência e do ano anterior ao mesmo.			

Tabela 1 – Indicadores de perda calculados pelo SNIS

Fonte: Adaptado de SNIS, 2019.

Os indicadores de perda que poderiam suprir as limitações técnicas operacionais do IN049, IN050 e IN051 seriam os recomendados pela IWA (Tabela 2), conhecidos como PRAI (Índice das Perda Reais Anuais Inevitáveis) e IVI (Índice de Vazamento de Infraestrutura), porque usam no cálculo a pressão média operacional, extensão de rede e comprimento médio do ramal. Esses indicadores favorecem em caracterizar a parcela da perda real, por vazamento, mas não são calculados pelo SNIS.

Item	PRAI – Índice de perda reais anualizadas inevitáveis		
01	Forma de Cálculo	Informações envolvidas	Unidade
	$\left(18\frac{C_8}{C_{24}} + 0,8 + 0,025C_{25}\right)\frac{D_{34}}{10}$	C8 - Extensão da rede (Km). C24 – Número de ligações ativas C25 - Comprimento médio dos ramais (m) D34 – Pressão de operação (KPa)	L/dia
Item	**IVI – Índice de vazamento de infraestrutura**		
02	Forma de Cálculo	Informações envolvidas	Unidade
	$\frac{IPL\ (IN051)}{\left(18\frac{C_8}{C_{24}} + 0,8 + 0,025C_{25}\right)\frac{D_{34}}{10}}$	IN051 – Índice de perda por ligação C8 - Extensão da rede (Km). C24 – Número de ligações ativas C25 - Comprimento médio dos ramais (m) D34 – Pressão Média de operação (KPa)	Adimensional

Tabela 2 – Indicadores de perda recomendados pela IWA

Fonte: Adaptado de SNIS, 2019

O índice PRAI é uma estimativa de perda real para qualquer sistema que possui a infraestrutura em boas condições, o intensivo controle de vazamento ativo e todos os vazamentos detectáveis reparados rapidamente e eficazmente. Indica o volume perdido inevitável e inerente ao sistema de distribuição, diariamente.

O cálculo do IVI não implica que a pressão no sistema seja a mínima, e, geralmente, é possível reduzir o volume de vazamento por um melhor gerenciamento ativo de pressão. A abordagem de gerenciamento de perda real por meio do IVI discrimina as concessionárias que operam em altas pressões e favorece aquelas que realizam medidas rigorosas de gestão de pressão, perante classificação do Banco Mundial e IWA (MCKENZIE e SEAGO, 2005; Journal AWWA, 2005).

O Banco Mundial e a IWA classificam os sistemas de distribuição por Categoria de Desempenho Técnico para os países não desenvolvidos, de acordo com a faixa de pressão, IVI e IPL (LAMBERT,2014; RADIVOJEVIC, MILICEVIC, PETROVIC, 2007).

A IWA recomenda o uso do IN051, tradicionalmente conhecido por "indicador técnico para perda", medido em litros por ligação-dia, por ter aplicabilidade operacional, em comparação ao índice de Perda na Distribuição - IN049, que é medido em porcentagem, a despeito da facilidade de sua compreensão e distorções que dificulta a comparação entre sistemas ou setores de abastecimento distintos (LAMBERT *et al.*, 2014).

Tardelli (2015) afirma que não existe "perda zero" em sistemas de distribuição de água, por mais cuidados tomados e esforços realizados, sempre haverá um remanescente valor de perda no sistema ("perda inevitável"), medido pelo IVI. Outro ponto é que, se não forem feitas, regularmente, ações de combate à perda, estas irão gradativamente aumentar no sistema (conceito de "crescimento natural da perda").

5 I METODOLOGIA

Esse artigo delimitou-se em avaliar o comportamento do volume distribuído e consumido e os indicadores de perda de água IN051 e IN049, disponibilizados pelos SNIS do sistema de abastecimento de Vitória, entre 2012-2018. Esse período abrangeu a escassez hídrica na região Sudeste e afetou os mananciais Jucu e Santa Maria de Vitória que abastecem o município.

O trabalho foi desenvolvido de acordo com as etapas descritas abaixo:

1. Primeira etapa: obter da prestadora de serviço o histórico mensal dos volumes médios distribuído e consumido.

2. Segunda etapa: obter acesso ao banco de dados meteorológicos do Instituto Nacional Meteorológico (INMET) o histórico mensal da temperatura média e precipitação total em Vitória, a fim de correlacionar com as variáveis de demanda dos volumes médio de água e os indicadores de perda.

3. Terceira etapa: obter a série histórica anual das informações (volume distribuído,

volume consumido, volume de água de serviço e número de ligações ativas) e indicadores de perda consolidada pela prestadora de serviço e publicada pelo SNIS.

4. Quarta etapa: obter a série histórico anual das informações de receita, investimento, despesa com produto químico e consumo e despesa com energia elétrica, com a finalidade de comparar com os indicadores operacionais de perda publicado pelo SNIS.

5. Com os dados das etapas acima foi possível discutir o aspecto primordial como resposta à pergunta – os indicadores de perda de água: permitem, de fato, avaliar o desempenho dos serviços de distribuição de água?

6 I RESULTADOS E ANÁLISE

O volume distribuído de água tratada no município de Vitória foi impactado por duas fases de gerenciamento do desempenho do serviço (Figura 3).

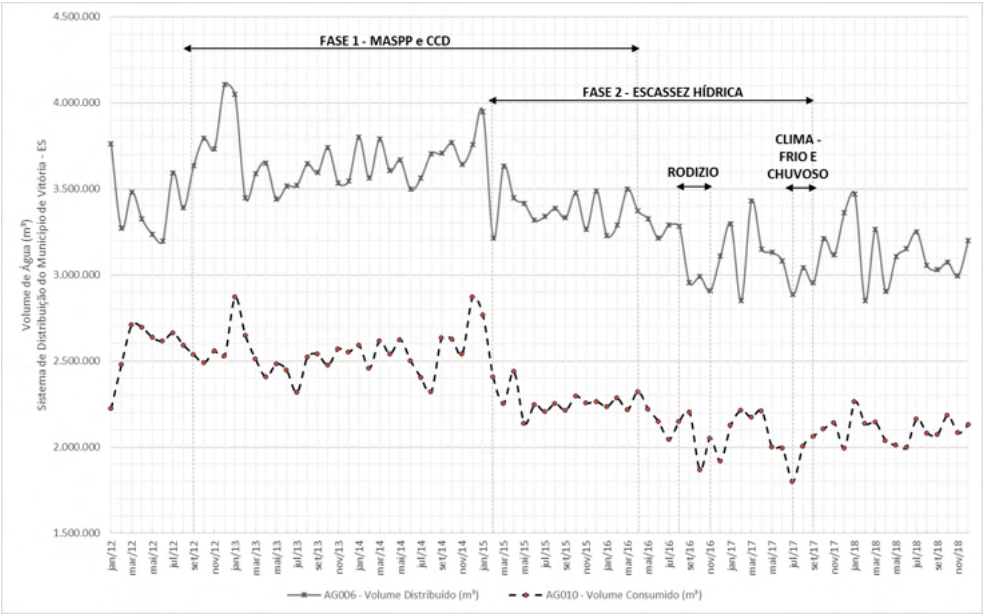


Figura 3 – Histórico do volume médio mensal distribuído (AG006) e volume médio mensal consumido (AG010) em Vitória 2012-2018.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

A fase 1 foi um programa aplicado pela prestadora de serviço por meio da Metodologia de Análise e Solução de Problemas de Perdas (MASPP) e criação de um Centro de Controle da Distribuição (CCD).

A fase 2 caracterizou-se pela escassez hídrica, momentos históricos de intempéries climáticas e baixa oferta de água para uso, que obrigou a prestadora de serviço reduzir

o volume distribuído de água tratada no município de Vitória entre fevereiro de 2015 e setembro de 2017 por três momentos definidos:

- Momento 1: Em 04 de fevereiro de 2015, o Governo do Estado por meio do Decreto Nº 3779-R/2015 decretou escassez hídrica no Estado e dispôs diretrizes para redução do consumo domiciliar e uso racional da água pelos grandes consumidores.
- Momento 2: Entre agosto e novembro de 2016 o Governo do Estado expediu Resoluções, através da Agência Reguladora de Recurso Hídrico (AGERH), com diretrizes e ações na redução no uso do recurso hídrico. A fim de atender essas resoluções a prestadora de serviço implementou o plano de rodízio no fornecimento de água nos bairros da Região Metropolitana, que são abastecidas pelos dois principais mananciais, Jucu e Santa Maria. A região Metropolitana foi agrupada em sete regiões distintas e a cada dia da semana uma região teve o fornecimento de água suspenso por um prazo de 24 horas, sempre a partir das 12 horas (meio-dia), com a garantia de normalização em até 24 horas após o período de interrupção. O município de Vitória foi dividido em 4 setores com alternância no abastecimento entre os dias da semana. (Tabela 3).

Setor De Abastecimento	Dom-Seg	Seg-Ter	Ter-Quar	Qua-Quin	Quin-Sex	Sex-Sab	Sab-Dom
SETOR A							Todo setor desabastecido
SETOR B	Todo setor desabastecido						
SETOR C	Parte alta do setor desabastecido				Parte baixa do setor desabastecida		
SETOR D	Parte baixa do setor desabastecida		Parte alta do setor desabastecida				

Tabela 3 – Rodízio de abastecimento dos setores do município de Vitória.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

- Momento 3: Nos meses entre junho de 2017 e setembro de 2017 foi um período atípico quanto à estação climática, sendo um período frio e chuvoso, proporcionando a redução do consumo de água e consequentemente a redução do volume distribuído.

A Figura 3 não só representa claramente a mudança de patamar do volume distribuído e volume consumido, como também a diferença entre esses volumes, com pouca variação, através da faixa entre as curvas do gráfico pode-se observar que a curva do volume distribuído é apenas o reflexo da demanda do volume consumido e que o combate à perda não foi além do monitoramento da vazão demandada pelo sistema de distribuição.

A sazonalidade influencia na curva da oferta e demanda de água no sistema de distribuição. Ao comparar a curva de temperatura média com a curva do volume médio distribuído (AG006) e consumido (AG010), observa que os traçados das curvas se assemelham (Figura 5).

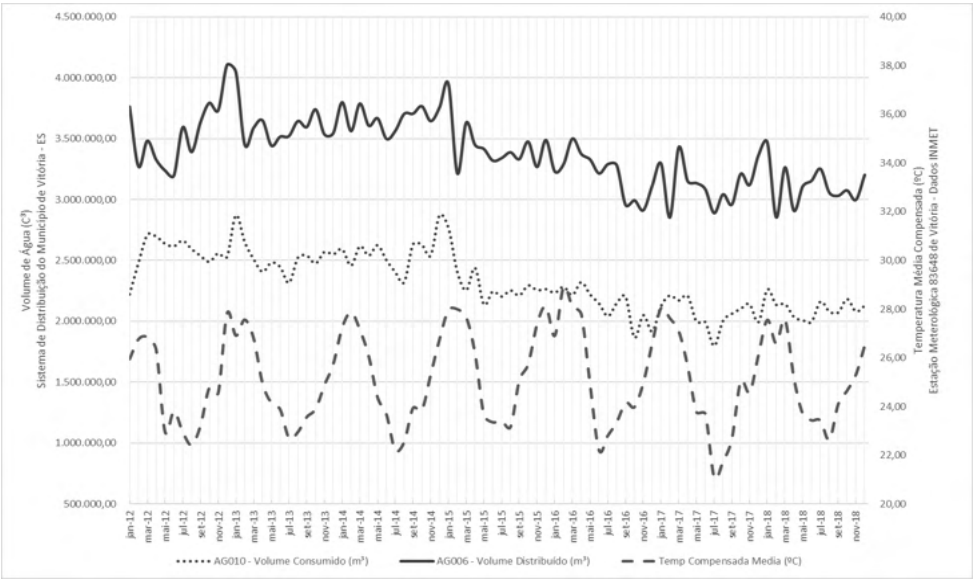


Figura 5 – Curva de temperatura média mensal, volume distribuído e volume consumido.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

Em outras palavras têm-se: num mês quente, o consumo tende a aumentar; num mês frio o consumo tende a reduzir; por consequência, num mês quente a operação do sistema aumenta a distribuição de água, enquanto num mês frio reduz. Mas isso não é determinante e parâmetro de controle para redução do índice de perda, quando ocorre temperatura baixa, também, ocorre índice de perda alto. A Figura 6 demonstra essa afirmação por meio da dispersão dos dados do índice de perda na distribuição (IN049) com os dados de temperatura.

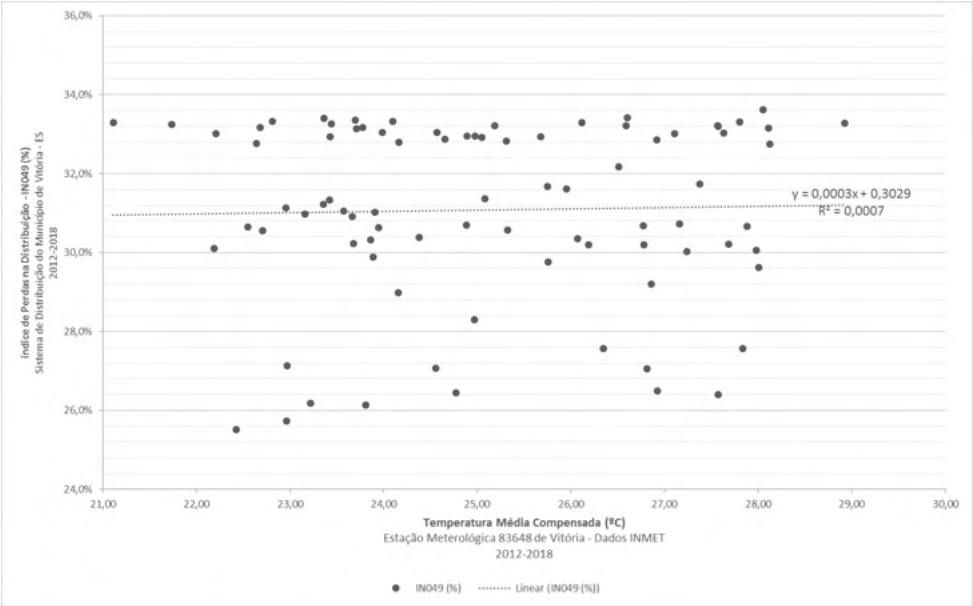


Figura 6 – Dispersão entre índice de perda na distribuição e temperatura média.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

Expressar a perda como porcentagem entre volume distribuído e consumido, unificados e apresentados pela curva do indicador IN049 – FIGURA 7, oferece uma perspectiva ilusória do verdadeiro desempenho do serviço, que pode variar sazonalmente e de um ano para o outro, e não está sob o controle da concessionária, porque não leva em consideração nenhum fator chave específico do sistema, e sim a relação de oferta e demanda.

Por exemplo, quando a oferta era baixa e o consumo baixo, o IN049 aumentou, observa-se no período de escassez hídrica e rodízio, porém, no período de oferta alta e consumo alto esse indicador era menor, observa-se no período antecedente a escassez hídrica. A variação desse indicador implica basicamente na fórmula matemática de relação, ou seja, para esse indicador reduzir o volume distribuído deveria tender à redução em contrapartida o volume consumido tender ao aumento, nas proporções consideráveis e ideais.

Para a IWA a avaliação da eficiência operacional de um sistema mais adequada é aquela que considera a extensão de rede, o número de ligações ativas, o tempo médio de distribuição de água e a pressão média operacional. Porque possibilitam o diagnóstico técnico e operacional mais preciso do problema.

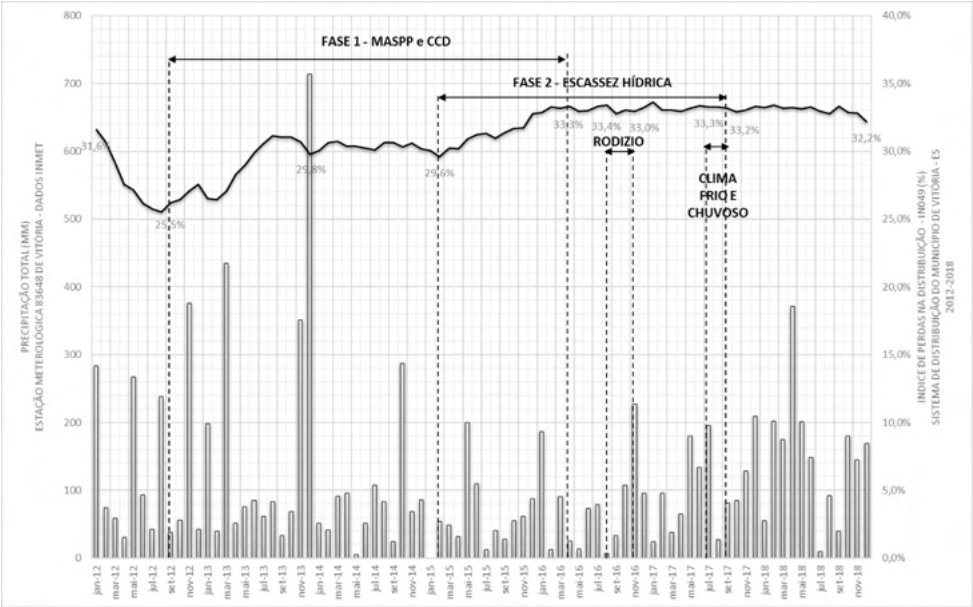


Figura 7 – Curva do indicador de perda na distribuição (IN049) relacionada com a precipitação total no município de Vitória - ES.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

A curva do indicador IN051 – Figura 8 se diferencia da curva do indicador IN049 por relacionar em seu cálculo o quantitativo de ligações ativas do sistema de distribuição, além das variáveis de oferta e consumo e por isto se caracteriza como indicador técnico.

No período que esse indicador estava no patamar mais baixo foi quando havia menos ligações ativas no sistema, os volumes distribuído e consumido maiores e as condições climáticas mais úmidas. Por outro lado, no período que estava nos patamares maiores, o sistema havia mais ligações ativas, os volumes distribuído e consumido menores e as condições climáticas secas (Tabela 4).

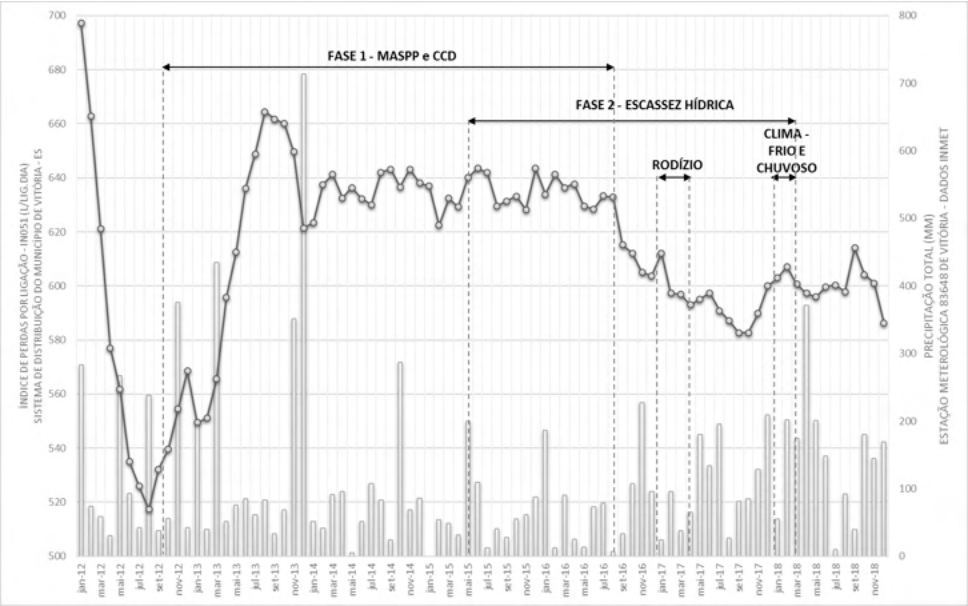


Figura 8 – Curva do indicador de perda por ligação (IN051) relacionada com a precipitação total no município de Vitória - ES.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

Município	Estado	Ano de Referência	AG002 - Quantidade de ligações ativas de água	AG005 - Extensão da rede de água	AG006 – Volume de água distribuído/ produzido	AG010 - Volume de água consumido	AG024 - Volume de serviço
			Ligação	Km	1.000 m³/ano	1.000 m³/ano	1.000 m³/ano
		2012	56.182	561,19	42.533,7	30.722,9	119,7
Vitória	**ES**	2013	56.897	572,94	43.284,8	30.332,3	100,4
		2014	57.293	827,89	44.072,8	30.723,6	59,6
		2015	57.663	842,57	41.272,6	27.732,2	34,8
		2016	57.683	850,89	38.476,3	25.655,4	64,4
		2017	55.725	855,86	37.522,1	24.818,3	314,6
		2018	56.111	858,53	37.364,03	25.295,47	66,99

Tabela 4 - Informações operacionais acerca de perda de água do sistema de distribuição do município de Vitória 2012-2018.

Fonte: Brasil - SNIS, (2019)

Ao analisar o histórico anual do volume distribuído/produzido (AG006) e o volume consumido (AG010) concomitantemente ao histórico dos índices de perda IN049 e IN051, se observa que quanto menor a diferença entre esses volumes menores os índices de perda (Figura 9). Logo, para obter-se uma redução efetiva desse índice, teria que garantir um

volume distribuído baixo e eficaz com um volume consumido de água elevado e consciente.

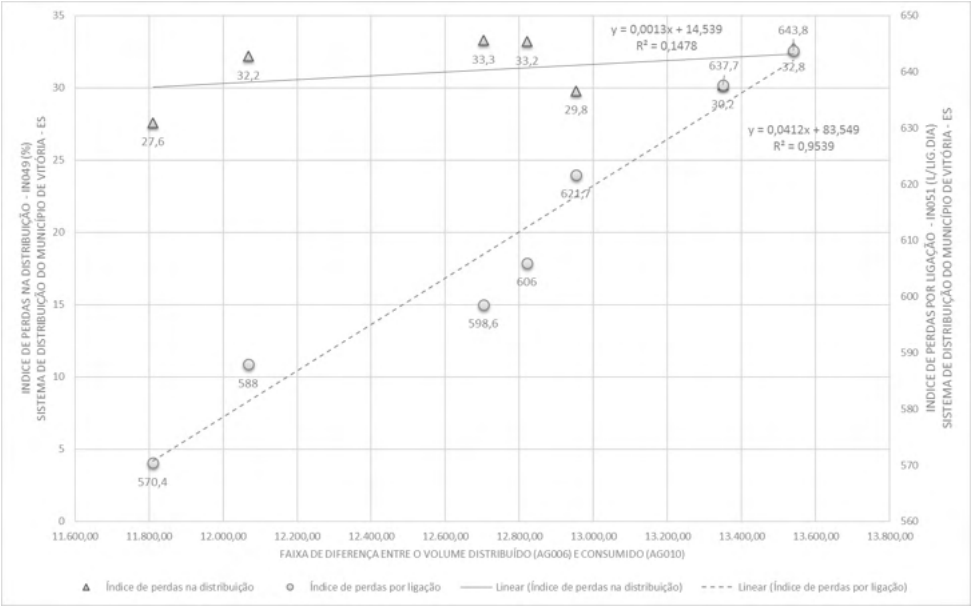


Figura 9 - Dispersão dos índices de perda relacionado com a diferença entre o volume distribuído e consumido no sistema de distribuição do município de Vitória - ES.

Fonte: Dados produzidos pelo autor (2022)

Em contraposição, no período que foi aplicado o rodízio e controle estratégico de gerenciamento da vazão pela prestadora de serviço, também, houve o incentivo positivo do uso consciente da água que reduziu o volume consumido (AG010) e consequentemente a redução do volume distribuído de água (AG006), esperava uma redução nesses indicadores, porém a diferença entre esses volumes foi na faixa entre 12.600-12.800m³ que resultou o patamar de 33% no indicador IPD e 598 L/lig.dia no indicador IPL.

O papel dos indicadores IN049, IN050 e IN051 é dar subsídios à avaliação de perda de água em sistemas de distribuição. O IN051 (l/lig.dia) está mais correlacionado com a atuação do prestador de serviço e, por esse fato, está mais próximo de medir um regime de eficiência. Por outro lado, entende-se que o IN049, tem a vantagem da melhor comunicação para o público leigo (BRASIL, 2019). O IN050 está correlacionado com a renovação da infraestrutura de rede de distribuição (ativo) pelo prestador de serviço e possibilita avaliar o nível de investimento.

O índice IN050 comprova que a ampliação da infraestrutura (AG005), mesmo com o investimento sutil nos últimos anos, atrelada com a redução dos volumes AG006 e AG010 permitiu a redução da perda. O índice IN051 mediu dois tipos de crise que o prestador de serviço passou: crise hídrica (2015-2016) e crise financeira (2014-2017); em que a primeira

impactou na redução dos volumes AG006 e AG010 e a segunda contribui na redução no número de ligações ativas, além do volume distribuído. Esse índice mostra que o prestador de serviço foi eficiente durante essas crises. Contudo e por outro lado, os indicadores IN50 e IN051 admitem uma avaliação menos apropriada à operação e manutenção dos ativos, e, mais apropriado para relação de consumo.

Até aqui, o volume de água de serviço (AG024) e o volume de água importada (AG018) foram desconsiderados nas análises porque se refere a um valor pequeno e nulo, comparado aos demais volumes, respectivamente.

Os indicadores de perda correlacionam-se, também, com as informações de despesas e receitas operacionais no sistema de distribuição de água, por exemplo, a série histórica anual desses indicadores e informações descritos na Tabela 5 e Tabela 6:

Município	Estado	Ano	AG028 - Consumo total de energia elétrica nos sistemas de água	FN013 - Despesa com energia elétrica	FN011 - Despesa com produtos químicos	FN002 - Receita operacional direta de água	IN012 - Indicador de desempenho financeiro nos serviços de água	FN023 - Investimento realizado em abastecimento de água pelo prestador de serviços
			(1.000 kWh/ano)	(R$/ano)	(R$/ano)	(R$/ano)	%	(R$/ano)
Vitória	ES	2012	6.931,62	8.345.491,00	1.395.689,00	94.195.196,03	124	6.511.914,67
		2013	7.105,06	7.713.006,49	1.273.783,77	102.357.394,77	122	5.272.304,81
		2014	7.650,89	9.065.970,23	1.177.863,39	109.493.753,05	114	12.256.817,81
		2015	6.773,58	14.714.191,91	1.136.904,31	107.361.558,89	106	8.118.242,41
		2016	6.792,38	13.417.645,80	1.878.303,63	114.336.935,73	110	4.224.022,96
		2017	6.592,28	14.060.130,63	2.193.151,13	119.754.953,35	112	6.373.239,61
		2018	6.568,50	16.349.372,40	2.272.705,67	126.550.337,96	106	5.643.162,56

Tabela 5 – Informações de despesas e receitas operacionais no sistema de distribuição do município de Vitória 2012-2018.

Fonte: Brasil, SNIS (2019)

Município	Estado	Ano de Referência	IN049_AE – Índice de perda na distribuição	IN050 - Índice bruto de perda lineares	IN051_AE – Índice de perda por ligação
			Percentual	m³/dia/km	L/dia/lig.
Vitória	ES	2012	27,6	57,62	570,4
		2013	29,8	62,09	621,7
		2014	30,2	51,98	637,7
		2015	32,8	44,30	643,8
		2016	33,2	41,28	606,0
		2017	33,3	39,77	598,6
		2018	32,2	38,36	588,0

Tabela 6 – Índices de perda no sistema de distribuição do município de Vitória 2012-2018

Fonte: Brasil, SNIS (2019)

Quando houve investimento (FN023), em 2014-2015, houve aumento nos indicadores de perda, em virtude das interferências no sistema de distribuição durante a execução de obras e melhorias, que por algumas vezes pode ter provocado falhas de ruptura e consequentemente vazamentos, além da demanda reprimida em efeito da paralisação do sistema.

Pode-se afirmar que quando houve uma redução no volume distribuído, por coerência, há redução no consumo de energia (AG028), visto que, a característica do sistema de distribuição de água em Vitória é predominantemente composta por elevatórias, explica também a redução na despesa com produtos químicos (FN011) no processo de tratamento da água para distribuição.

No entanto, o desempenho financeiro (IN012), considerando apenas o serviço de água, não obteve ganhos, por mais que as despesas em insumos tenham se reduzido, porque o período do estudo, 2012 a 2018, foi também período de recessão econômica no Estado do Espírito Santo.

7 I CONCLUSÃO

A avaliação permitiu concluir que os indicadores de perda não alcançaram patamares mais baixos somente com o controle do volume distribuído e consumido de água tratada como estratégia de gerenciamento e comprovou-se que não há relação direta entre sazonalidade e indicadores de perdas. Tanto que, os indicadores de perda apontaram tendência de aumento para o futuro, caso não sejam implementadas as ações de combate de perda por meio dos fatores-chaves: pressão e vazão. A ampliação dos consumidores, regularização das ligações clandestinas e inadimplentes; investimentos à infraestrutura conservada, operação diligente atrelado à detecção de vazamentos no sistema de distribuição de água tratada no município de Vitória, também, são ações contínuas, estratégicas e eficazes para um melhor desempenho.

As informações de saneamento, são necessárias porque propiciam avaliar os indicadores de perda e possibilitam orientar a definição de estratégias de gerenciamento no combate ao problema. Para alcançar o baixo índice de perda, é indispensável para o prestador de serviço à disseminação da complexidade do problema e o caráter integrador entre as equipes, porque as informações que compõem os cálculos advêm de diversos processos do prestador.

É válido sugerir ao Ministério do Desenvolvimento Regional a extinção do indicador de perda na distribuição (IN049), medido em porcentagem, por não representar o desempenho real de um sistema de distribuição. A aplicação dos indicadores PRAI e IVI possuem recomendações, faixas de eficiência de operacionalidade e, sobretudo usam fatores-chaves como pressão e vazão, que permitem, diagnosticar a eficiência da operação do sistema de distribuição de água e identificar o problema de perda de água, propriamente dita.

REFERÊNCIAS

ABES – Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Perda em sistemas de distribuição de água**. Rio de Janeiro. ABES, 2013. 45p.

AGERH – Agencia Estadual de Recursos Hídrico. **Resolução AGERH 037/2016, 01 de Agosto de 2016.** Espírito Santo. Governo do Estado. AGERH, 2016. 5p.

ALEGRE, H; BAPISTA, J. M.; CABRERA, E.; CUBILLO, F.; DUARE, P.; HIRNER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance indicators for water suplly services**. 2. Ed. Londres; IWA Publishing, 2006, 312p.

CONSTITUIÇÃO. **Decreto nº3779-R, de 04 de fevereiro de 2015. Diretrizes para redução do consumo e uso racional da água pelos órgãos e entidades do Poder Executivo do Estado do Espírito Santo.** Diário Oficial do Estado do Espírito Santo, ES, 05 de fevereiro 2015. 9p.

BABIć, B; ĐUKIć A.; STANIć, M. **Managing water pressure for water savings in developing countries**. Water SA, v. 40, n. 2, p.221-232, 27 mar. 2014. African Journals Online (AJOL). http://dx.doi.org/10.4314/wsa.v40i2.4.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento: **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgotos – 2019**. Brasília: SNS, 2019. Capítulo 8, 20p.

BRITTON, T.C.; STEWART, R. A.; O'HALLORAN, K. R. **Smart metering:** enabler for rapid and effective post meter leakage identification and water loss management. Journal Of Cleaner Production, v. 54, p.166-176, set. 2013. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2013.05.018.

PROJETO DE CONTROLE E REDUÇÃO DE PERDA DA CESAN É LANÇADO NESTA SEXTA (31). CESAN. Ago. 2012. Disponível em: <https://www.cesan.com.br/noticias/projeto-de-controle-e-reducao-de-perda-da-cesan-e-lancado-nesta-sexta-31/>. Acesso em: 04 set. 2019.

FERRANTE, M.; BRUNONE, B.; MENICONI, S. **Wavelets for the analysis of transient pressure signals for leak detection**. Journal of Hydraulic Engineering, v. 133, n. 11, p.1274-1282, Nov. 2007. American Society of Civil Engineers (ASCE). http://dx.doi.org/10.1061/ (asce) 0733-9429(2007)133:11(1274).

GO ASSOCIADOS (São Paulo). Trata Brasil (Org.). **Perda de Água 2018 (SNIS 2016):** Desafios para Disponibilidade Hídrica e Avanço da Eficiência do Saneamento Básico. São Paulo: Trata Brasil, 2018. 68 p.

JOURNAL AWWA: Committee report: applying wordlwide bmps in water loss control. E.U.A., Ago. 2003.

KANAKOUDIS, V.; TSITSIFLI, S.; SAMARAS, P.; ZOUBOULIS, A.; DEMETRIOU, G. **Developing appropriate performance indicators for urban water distribution systems evaluation at Medierranean Countries**. Water Utility Journal. N.1, p.31-40, 2011.

LAMBERT, A. O; CHARALAMBOUS B.; FANTOZZI, K.C. J.; RIZZO, A.; GALEA ST JOHN, S. - IWA WATERLOSS 2014 CONFERENCE, 2014, Viena. **14 years experience of using iwa best practice water balance and water loss performance indicators in Europe.** Viena, Austria: Iwa, 2014. 31 p.

PMV - Prefeitura Municipal de Vitória; SEMOB, Secretaria Municipal de Obras. **PMSBV - Plano municipal de saneamento básico de Vitória - ES: diagnóstico da situação da prestação dos serviços de saneamento básico** Vitória – ES - Relatório do Produto 2: Arcadis Logo, 2015. 256 p.

_____. Constituição (2018). **Lei nº 9.271, de 22 de maio de 2018. Plano Diretor Urbano do Município de Vitória**. Diário Oficial do Município de Vitória, ES, 22 maio 2018. 291p.

PERTEL, M.; AZEVEDO, J. P. S.; JUNIOR, V. I. **Uso de indicadores de perda para seleção de um benchmarking entre as concessionárias estaduais de serviço de distribuição de água no Brasil**. Engenharia Sanitaria e Ambiental, v. 21, n. 1, p.159-168, mar. 2016. FapUNIFESP (SciELO). http://dx.doi.org/10.1590/s1413-41520201600100120418.

RADIVOJEVIć, D.; MILIćEVIć, D.; PETROVIć, N. **Technical performance indicators, iwa best practice for water mains and the first steps in serbia**. Fact Universities: Architecture and Civil Engineering, Belgrade, Serbia, v. 5, n. 2, p.115-124, 10 set. 2007.

TARDELLI, J. **Aspectos relevantes do controle de perda em sistemas públicos de distribuição de água**. Revista DAE, v. 64, n. 201, p.6-20, 2015. Editora Cubo Multimidia. http://dx.doi.org/10.4322/dae.2015.012.

CAPÍTULO 5

DESENVOLVIMENTO DE SURFACTANTE COM VISCOSIDADE ADAPTÁVEL PARA AUMENTAR A EXTRAÇÃO DE ÓLEO NA RECUPERAÇÃO AVANÇADA DE PETRÓLEO

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 22/07/2022

Laura Procópio Maia Furbino
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM
Diamantina – MG
http://lattes.cnpq.br/4032015098127611

Edilailsa Januário de Melo
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP
Campinas - SP
http://lattes.cnpq.br/8362242242288010

Rogério Alexandre Alves de Melo
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Diamantina – MG
http://lattes.cnpq.br/7228897216984193

José Izaquiel Santos da Silva
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM
Diamantina – MG
http://lattes.cnpq.br/9481859974252755

RESUMO: O uso de surfactantes é um método com grande potencial na Recuperação Avançada de Petróleo, mas, devido à dificuldade de se aumentar a viscosidade do fluido deslocante, a sua aplicação se torna limitada. Neste trabalho, propõe-se a obtenção de um tensoativo que seja capaz de ajustar a sua viscosidade de acordo com a variação da temperatura que o fluido irá experimentar durante o percurso de injeção nos reservatórios, ora aumentando a viscosidade, ora diminuindo. A metodologia utilizada foi descrita por CHEN et al. (2014), por meio de uma condensação por aquecimento do ácido esteárico com a de N,N-dimetil-1,3-propanodiamina (DMPDA). O material obtido se mostrou estável e reversível, ou seja, suas propriedades podem se modificar e voltar ao que eram inicialmente, e apresentou maior viscosidade na temperatura de 50°C. Devido ao grande gasto energético para obtenção do produto por meio da rota de condensação, foi proposta uma nova rota via cloreto de acila para obtenção de amidas a partir de ácidos carboxílicos.

PALAVRAS-CHAVE: Fluido, reservatório, tensoativo, recuperação avançada de petróleo.

DEVELOPMENT OF ADAPTABLE VISCOSITY SURFACTANT TO INCREASE OIL EXTRACTION IN ADVANCED OIL RECOVERY

ABSTRACT: The use of surfactants is a method with great potential in Advanced Oil Recovery, but, due to the difficulty of increasing the viscosity of the displacing fluid, its application becomes limited. In this work, it is proposed to obtain a surfactant that is capable of adjusting its viscosity according to the temperature variation of the fluid way during the injection path in the reservoirs, either increasing the viscosity, or decreasing it. The methodology used was described by CHEN et al. (2014), by heating condensation of stearic acid with that of N,N-dimethyl-1,3-propanediamine (DMPDA). The material obtained was shown to

be stable and reversible, its properties can change and return to what they were initially, and it showed higher viscosity at a temperature of 50°C. Due to the high energy expenditure to obtain the product through the condensation route, a new route via acyl chloride was proposed to obtain amides from carboxylic acids.
KEYWORDS: Fluid, reservoir, surfactant, advanced oil recovery.

1 I INTRODUÇÃO

Para atender a demanda mundial da energia advinda do petróleo, é necessário que existam métodos economicamente viáveis e ecologicamente sustentáveis para aumentar a eficiência de recuperação e obter um maior esgotamento dos reservatórios (BAHRAMINEJAD *et al.*, 2021). No processo de extração de petróleo, inicialmente, o óleo é obtido pela presença de um gradiente de pressão nos poços, porém, quando esse gradiente é insignificante, a produção é interrompida (AZIZ *et al.*, 2019). Para que a pressão do reservatório se mantenha alta, é feita uma inundação de água chamada de método secundário, mas, devido à baixa mobilidade existente entre o óleo e água, mais de 60% do petróleo ainda não é recuperado (LIU *et al.*, 2019), e, por isso, os métodos primários e secundários de recuperação de óleo não evitam que se tenha uma grande quantidade de óleo não recuperado (CHEN *et al.*, 2020). A terceira fase recebe o nome de Recuperação Avançada de Petróleo e usa diferentes mecanismos para aumentar a recuperação, como diminuição da tensão interfacial entre a água e o óleo, alteração da molhabilidade, controle de mobilidade e drenagem por gravidade (ELTOUM *et al.*, 2021).

Um método muito atraente na recuperação avançada de petróleo é a inundação por surfactantes. Eles são caracterizados por possuírem uma parte hidrofílica e uma parte hidrofóbica e assim podem interagir tanto com o óleo quanto com a água, levando à diminuição da tensão interfacial entre os dois fluidos e à alteração da molhabilidade das rochas proporcionando uma melhor mobilidade do óleo (KIANI *et al.*, 2019). A tensão interfacial é uma medida da energia que mantém a interface bifásica para estabilizar a separação dos líquidos. Assim, quando a tensão interfacial é baixa, essa interface bifásica se torna mais fácil de ser quebrada (DENG *et al.*, 2021). Estudos mostram que surfactantes eficientes podem reduzir significativamente a tensão interfacial. A baixa eficiência de diminuição da viscosidade e a perda de material por adsorção nas rochas, são os principais fatores que restringem uma melhor recuperação por inundação de surfactantes convencionais (WANG *et al.*, 2020).

Um desafio na Recuperação Avançada de Petróleo é aumentar a viscosidade da água de inundação para se aderir melhor à alta viscosidade dos hidrocarbonetos presentes nos reservatórios (CHEN *et al.*, 2014). Porém, fluidos com alta viscosidade podem causar problemas de incrustação, além de aumentar o gasto energético para injetá-lo no poço (KURNIA *et al.*, 2020).

O material desenvolvido neste estudo, possui como principal característica o aumento

da viscosidade proporcional ao aumento da temperatura, comportamento não descrito pela lei de Newton da viscosidade. Inicialmente, espera-se que o fluido seja pouco viscoso e, à medida que a temperatura aumentar, devido ao gradiente geotérmico, espera-se que o fluido possa se adaptar à essas condições e aumentar a viscosidade para proporcionar uma maior taxa de recuperação de óleo. Com isto, o objetivo deste estudo é sintetizar um tensoativo com as características descritas e obter uma rota de produção que proporcione uma maior viabilidade técnica econômica do processo de recuperação de petróleo.

2 I MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Síntese do surfactante

Para a síntese do surfactante, foi utilizado o método descrito por Chen *et al.* (2014), que utiliza a rota de condensação por aquecimento. Foi utilizado um recipiente para banho de areia, um balão de fundo redondo com três bocas, refluxo de água para evitar evaporação dos produtos e um cilindro de nitrogênio gasoso para manter uma atmosfera inerte com a finalidade de eliminar produtos de oxidação indesejados - aparato apresentado na Figura 1.

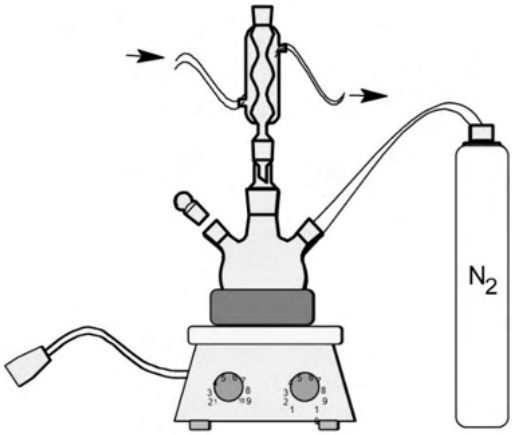


FIGURA 1. Representação do aparato experimental.

Fonte: Autores deste trabalho (2022)

Foram colocados 5,689g de ácido esteárico diretamente com 3,0645g de N,N-dimetil-1,3-propanodiamina (DMPDA), 0,6g de *NaF* e 0,45g de Al_2O_3, monitorando a temperatura até que se mantivesse constante a 160°C. Após 6h de reação, foi introduzido no balão 1,021g de DMPDA para reagir por mais 4h, totalizando 10h de reação. O reagente *Naf* foi utilizado como catalisador da reação e o Al_2O_3 foi utilizado para absorver a água formada durante a condensação. O sólido formado foi lavado com uma solução gelada de acetona (150 mL) e água (10 mL). O sobrenadante, um líquido com cor amarela devido à

presença da diamina, foi retirado e descartado. O sólido úmido foi levado a estufa durante dezesseis horas. Depois de seco, foram adicionados 0,23g do sólido, 0,064g de ácido cítrico e 5g de água em um frasco de vidro fechado. A solução obtida foi aquecida no micro-ondas, processo repetido 3 vezes com diferentes tempos. A primeira vez deste aquecimento ocorreu durante 10 segundos, já a segunda e a terceira ocorreram por um tempo de 5 segundos cada uma. Logo em seguida, a solução foi colocada em uma estufa na temperatura de 50°C.

2.2 Proposta de mudança da rota de síntese

A rota de condensação utilizada neste artigo, para obtenção de uma amida, foi reavaliada devido à alta demanda energética da reação. Para isso, foi realizado um estudo na literatura de seus diferentes métodos de preparação.

A formação de ligações amida está entre as mais realizadas em indústrias químicas e farmacêuticas (PROCOPIO *et al.,* 2022). Devido à sua grande aplicação, principalmente para produção de medicamentos, diversos métodos são estudados para sua obtenção (NI *et al.,* 2022). A preparação de amidas catalisadas por enzimas (PETCHEY; GROGAN, 2019), para desenvolvimento de amidas secundárias e terciárias, amidação fotocatalisada de ácidos carboxílicos e aminas primárias (GU et al., 2022), através da clivagem da ligação C-N e utilização de catalisadores heterogêneos (MARTÍN; CIRUJANO, 2022), para obtenção direta de amidas a partir da reação de ácidos carboxílicos com aminas, são alguns exemplos de técnicas mais atuais obtidas na literatura, para obtenção de amidas.

Métodos tradicionais propõem a pré-ativação do ácido carboxílico para que possa reagir com uma amina e obter a amida desejada (SANTOS; SILVA; MARQUES, 2020). Este processo foi descrito em 1833, pelos químicos alemães Carl Schotten e Eugen Baumann, que sintetizaram uma amida pela primeira vez, partindo de um cloreto de ácido na presença de amina, conhecida hoje como reação Schotten-Baumann (POTADAR *et al*., 2018) (SCHOTTEN, 1884). Devido à sua larga utilização no campo industrial (DORR; FUERST, 2018), esse método de síntese se mostrou com grande potencial para substituição da atual rota de obtenção do surfactante, visto que com a pré-ativação do ácido esteárico, espera-se que ele possa reagir com a DMPDA para formar o produto com as características requeridas e com uma maior viabilidade técnica-econômica.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Síntese de condensação por aquecimento

O produto da reação de condensação é um sólido branco, Figura 2.a, que após reagir com o ácido cítrico se torna um líquido branco de baixa viscosidade, apresentado na Figura 2.b. Após os testes de aumento de temperatura o material apresentou significativo aumento na viscosidade, que pode ser observado na figura 2.c, com a diminuição gradativa

da temperatura o fluido voltou a ter baixa viscosidade. Os testes foram realizados diversas vezes e suas propriedades não foram perdidas.

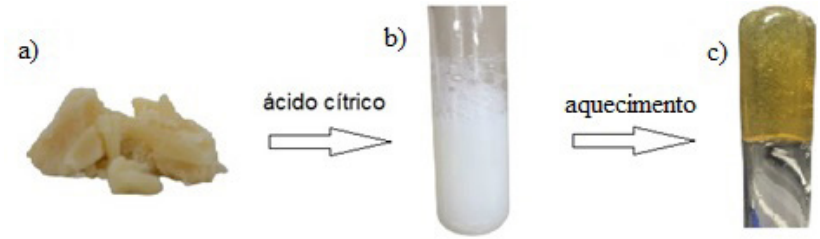


FIGURA 2. Representação do: a) sólido obtido após o fim da reação de condensação por aquecimento, b) fluido à temperatura ambiente, c) fluido à 50°C.

Fonte: Autores deste trabalho (2022)

As características apresentadas pelo fluido, possuem grande interesse na engenharia química, já que com essas propriedades de ajuste de viscosidade o fluido poderia se adaptar às diferentes condições de pressão e temperatura em que será submetido no caminho percorrido até o reservatório de petróleo, tendo um menor gasto energético no seu bombeamento. Além disso, com o aumento da viscosidade, o fluido deslocante, em determinadas condições, terá a viscosidade semelhante à do óleo, e consequentemente semelhante mobilidade. Logo, acontece um bloqueio dos caminhos preferenciais, fazendo com que o fluido percorra uma maior área do meio poroso aumentando a eficiência de varrido (MARQUES *et al.*, 2013).

Dados obtidos e apresentados por Bird *et al.* (2004), mostram a dependência da viscosidade com a temperatura, permitindo concluir que o comportamento esperado de um líquido Newtoniano seja a diminuição da viscosidade com o aumento da temperatura. Isto se deve ao fato de o aumento de temperatura provocar um aumento das distâncias intermoleculares reduzindo então as forças de atração entre as moléculas (SHAMES,1999). Porém, o material desenvolvido, até a temperatura de 50°C, apresenta um comportamento contrário, aumentando a viscosidade com o aumento da temperatura. Devido a essa característica, o material não pode ser descrito segundo a lei de Newton da viscosidade, sendo classificado como um fluido não newtoniano. A relação de tensão e deformação para fluidos não newtonianos não é prevista em uma lei como os fluidos newtonianos, já que irão se comportar de maneiras diferentes em sistemas com condições diferentes, o que não permite prever o seu comportamento, sendo necessário um estudo das características apresentadas pelo fluido nas condições em que será submetido (WAHAB *et al.*, 2020).

Na síntese do surfactante, o ácido carboxílico (ácido esteárico) é inicialmente colocado em contato com uma amina primária (DMPDA) que, por meio de uma reação de condensação por aquecimento, forma uma amida (A) e após reagir com o ácido cítrico,

finalmente, o produto final é obtido, a reação é apresentada na Figura 3.

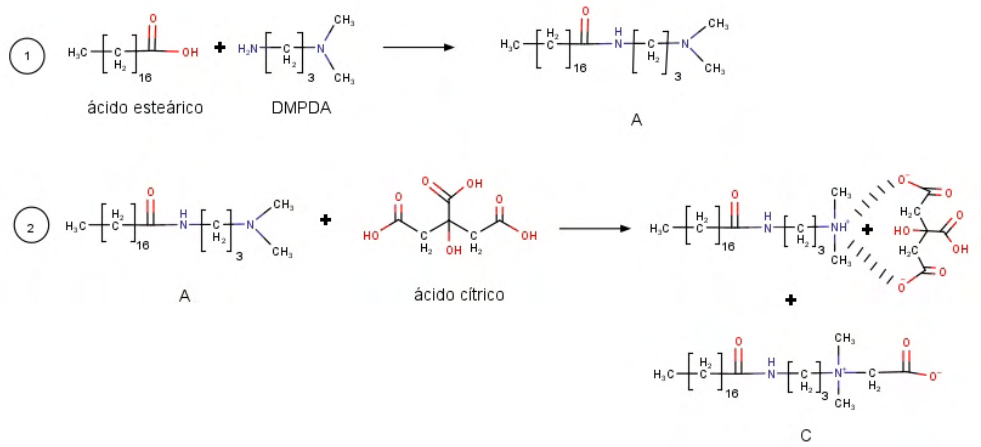


FIGURA 3. Etapas da reação para obtenção do surfactante como produto C.

Fonte: Autores deste trabalho (2022)

Ácidos carboxílicos não sofrem reação de substituição acílica com aminas em temperatura ambiente, chegando ao produto final da reação em forma de um sal carboxilato de amônio, além disso, devido à baixa reatividade do íon carboxilato, a reação não ocorre em meio aquoso. Por isso, é necessário retirar a água que irá se formar no meio e aquecer a mistura, levando à formação de um intermediário tetraédrico e posteriormente sua desidratação, já que a saída de uma molécula de água alivia a tensão existente no carbono tetraédrico, contribuindo para uma maior estabilidade da molécula, e assim é formada a amida desejada (SOLOMONS, T. W., 2018), como apresentado na Figura 4.

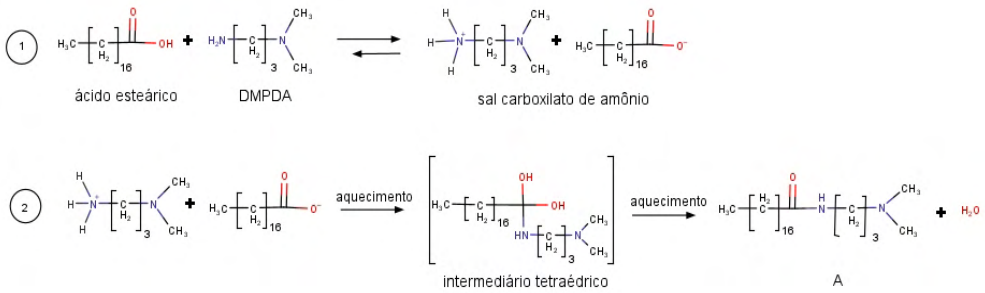


FIGURA 4. Mecanismo da reação de condensação por aquecimento do ácido esteárico com DMPDA para formação do produto A.

Fonte: Autores deste trabalho (2022)

A obtenção de amidas a partir de ácidos carboxílicos, utilizando a rota de condensação por aquecimento, é uma alternativa que pode ser substituída e melhorada, pois para que essa reação aconteça é necessário um grande gasto de energia na desidratação do sal. Além disso, devido à alta temperatura que o sistema deve ser submetido, os produtos formados podem se transformar em outros produtos indesejados, o que consequentemente irá levar a um menor rendimento da reação e ainda submeter o sistema à condições rigorosas de operação (SOLOMONS, T. W., 2018).

Com a pré-ativação do ácido carboxílico, transformando-o em um cloreto de acila, e seu tratamento com a amina desejada, espera-se que seja possível conduzir a reação em temperatura ambiente e com um maior rendimento, já que condições mais brandas de temperatura evitam que os produtos formados se transformem em outros produtos indesejados.

3.2 Rota de substituição nucleofílica acílica

Devido ao pKa de ácidos carboxílicos ser menor que o de aminas, quando em contato, imediatamente o ácido doará um próton, formando um íon carboxilato que não é reativo e uma amina protonada que não é um nucleófilo. Para obter uma amida, é interessante trabalhar com um derivado de ácido mais reativo, que possa reagir com a DMPDA, sem um grande gasto energético. Os compostos carbonilados possuem uma polaridade devido ao oxigênio ser mais eletronegativo que o carbono, isso resulta na significativa reatividade desses compostos, já que o carbono carbonílico, com hibridização sp^2, tem um centro eletrofílico bem acentuado resultante da ligação com o oxigênio, e, por isso, está passível de sofrer um ataque nucleofílico, sendo que a velocidade da reação irá depender dos grupos ligados ao carbono sp^2, frente aos reagentes disponíveis.

Um composto derivado de ácido carboxílico, ao sofrer um ataque nucleofílico, irá imediatamente romper a ligação π carbono-oxigênio, formando um intermediário tetraédrico de hibridização sp^3, com dois grupos eletronegativos ligados ao carbono tetraédrico. De modo geral, o carbono tetraédrico é instável pois os dois grupos que estão ligados são eletronegativos, logo, haverá a saída de um desses grupos da estrutura como grupo abandonador e assim restaurar a hibridização sp^2 no carbono carbonílico, após um par de elétrons disponíveis no oxigênio refazer a dupla ligação com o carbono e expulsar um dos grupos com o par de elétrons da ligação. O que irá determinar qual grupo será abandonador e consequentemente se a reação irá ocorrer ou não, será a basicidade de cada um. Sabe-se que quanto mais fraca for a base, melhor ela será como grupo de saída e isso ocorre porque uma base fraca não compartilha seus elétrons tão bem quanto uma base forte, logo a ligação se torna fraca e mais fácil de ser rompida, além de proporcionar uma melhor estabilidade para a possível carga que se forma ao se desligar do carbono sp^3. A Figura 5 mostra as possíveis formas da reação ocorrer, sendo A e Y^- eletronegativos.

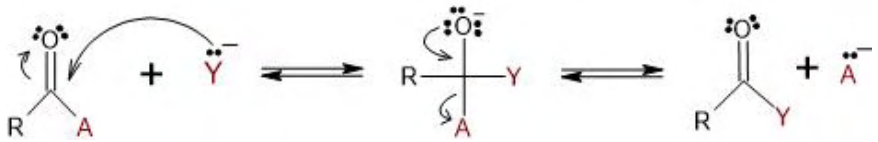


FIGURA 5. Mecanismo de reação de substituição nucleofílica acílica.

Fonte: Autores deste trabalho (2022)

O nucleófilo que ataca o carbono, representado por Y^-, deve ser uma base mais forte que o grupo *A* para que a reação aconteça. Se a basicidade do grupo *Y* for menor, ele pode atuar como nucleófilo, porém, será ele o grupo abandonador, o que não permite que a reação de substituição nucleofílica acílica ocorra. Há a possibilidade de que a basicidade dos dois grupos seja similar, assim, se isso acontecer, ambos podem ser o grupo de saída da molécula, e, ao final da reação, reagentes e produtos estarão presentes no meio. Por isso, para que a reação ocorra com o equilíbrio fortemente deslocado para os produtos, é necessário que o grupo ligado ao carbono sp² seja um bom grupo abandonador, o que dará ao composto uma alta reatividade, possibilitando que a reação ocorra sem fornecimento externo de energia. Dentre os vários derivados de ácido existentes, os cloretos de acila são os mais reativos, pois possuem um cloro ligado ao carbono carbonílico que é um excelente grupo abandonador e pode reagir para formar amidas.

Para isso, o cloreto de acila pode reagir com amônia, amina primária ou amina secundária. A DMPDA é uma amina primária com um centro nucleofílico. O nucleófilo ataca o centro eletrofílico do cloreto de acila, formando o intermediário tetraédrico, e o par de elétrons disponíveis do oxigênio refaz a dupla ligação expulsando o cloro e restituindo a hibridização sp² do carbono, formando a amida e liberando, também, HCl como produto. Por ser um ácido forte, o HCl irá protonar a amina presente no meio impedindo que ela atue como nucleófilo, para impedir que isso ocorra é necessário trabalhar com um excesso da amina, pois assim ela estará livre para o ataque nucleofílico. Para utilizar essa rota de síntese é necessário tratar o ácido esteárico com reagentes especiais. Para isso, utiliza-se cloretos derivados de ácidos inorgânicos, como o PCl_5, PCl_3 e $SOCl_2$, todos estes reagem com ácidos carboxílicos formando cloreto de acila com bom rendimento (BRUICE, 2006). Neste estudo, o cloreto de tionila, $SOCl_2$, foi escolhido para conduzir a reação.

O mecanismo apresentado na Figura 6 mostra como o ácido carboxílico irá reagir com o cloreto de tionila. O cloreto de tionila possui um átomo de enxofre como um centro eletrofílico acentuado, já que está ligado ao oxigênio que é um átomo muito eletronegativo e a dois átomos de cloro que são bons grupos abandonares, acentuando o caráter positivo parcial do enxofre. Como a ligação π carbono-oxigênio no ácido carboxílico tem o par de elétrons mais disponível para um ataque nucleofílico, ela irá atacar o eletrófilo no cloreto de tionila formando um intermediário que usa um par de elétrons livres do oxigênio para

refazer a dupla ligação e expulsar um ânion cloreto. O íon cloreto liberado pode agora reagir com o carbono eletrofílico sp² e desfazer novamente a ligação π carbono-oxigênio, o que forma um intermediário tetraédrico altamente reativo, liberando SO_2 e HCl para restituir a estabilidade da molécula. Espera-se que o cloreto de acila seja obtido por meio de uma reação que ocorra facilmente e com bom rendimento devido à alta reatividade dos intermediários (BRUICE, 2006).

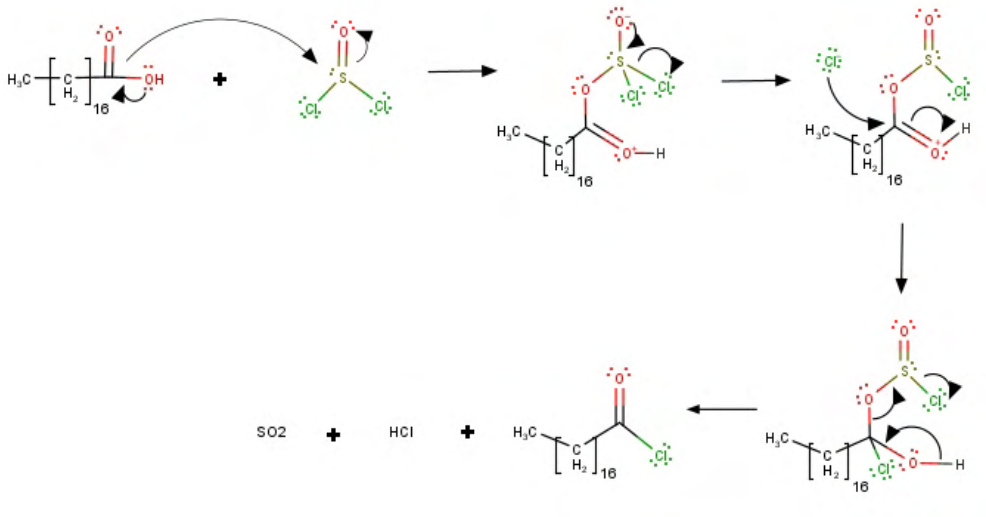


FIGURA 6. Mecanismo de reação do ácido esteárico com cloreto de tionila.

Fonte: Autores deste trabalho (2022)

O cloreto de acila formado é um composto muito mais reativo que o ácido carboxílico, e pode, então, ser tratado com a DMPDA para obter uma amida, como explicado. Como os reagentes não precisam de fornecimento externo de energia para reagirem, espera-se que a reação ocorra em temperatura ambiente e com um rendimento final maior do que a rota de condensação por aquecimento.

4 I CONCLUSÃO

Até a temperatura de 50°C, o material exibiu comportamento não newtoniano e apresentou estabilidade e reversibilidade nos diversos testes realizados. Devido a sensibilidade da síntese de condensação, a proposta de mudança na rota de síntese possibilita a expectativa obtenção do surfactante em condições amenas de pressão e temperatura, o que caracteriza uma maior viabilidade técnica, e possivelmente um aumento no rendimento de reação favorecendo a economia do processo. Como trabalhos futuros, além da mudança de rota de síntese, propõe-se a implementação de testes do material em reservatórios simulados de petróleo, além de um modelo que descreva o comportamento

do fluido.

REFERÊNCIAS

AZIZ, U. A.; ADNAN, N.; SOHRI, M. Z.R.; MOHSHIM, D. F.; IDRIS, A. K.; AZMAN, M. A. **Characterization of Anionic–Nonionic Surfactant Mixtures for Enhanced Oil Recovery**. Journal of Solution Chemistry, v. 48, n. 11–12, p. 1617–1637, 2019. DOI: 10.1007/s10953-019-00902-1

BAHRAMINEJAD, H.; MANSHAD, A. K.; KESHAVARZ, A**. Characterization, Micellization Behavior, and Performance of a Novel Surfactant Derived from Gundelia tournefortii Plant during Chemical Enhanced Oil Recovery**. Energy and Fuels, v. 35, n. 2, p. 1259–1272, 2021. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.0c03272

Bird, R.B., Stewart,W.E, e Lightfoot, E.N. **Fenômenos de Transporte**. 2. ed, Editora LTC, 2004.

BRUICE, Paula Yurkanis. **Química orgânica**. 4.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2010. v.2.

CHEN, I. C.; YEGIN, C.; ZHANG, M.; AKBULUT, M. **Use of pH-responsive amphiphilic systems as displacement fluids in enhanced oil recovery**. SPE Journal, v. 19, n. 6, p. 1035–1046, 1 dez. 2014. URL: https://onepetro.org/SJ/article-abstract/19/06/1035/205412/Use-of-pH-Responsive-Amphiphilic-Systems-as?redirectedFrom=fulltext

CHEN, Q.; JIANG, X.; ZHEN, J. **Preparation and characterization of temperature sensitive iron oxide nanoparticle and its application on enhanced oil recovery**. Journal of Petroleum Science and Engineering, v. 198, p. 108-211, 2020. DOI: 10.1016/j.petrol.2020.108211

DENG, X.; TARIQ, Z.; MURTAZA, M.; PATIL, S.; MAHMOUD, M.; KAMAL, M. S. **Relative contribution of wettability Alteration and interfacial tension reduction in EOR: A critical review**. Journal of Molecular Liquids, v. 325, p. 115-175, 2021. DOI: 10.1016/j.molliq.2020.115175 .

DORR, B. M.; FUERST, D. E. **Enzymatic amidation for industrial applications.** Current Opinion in Chemical Biology, v. 43, p. 127–133, 1 abr. 2018. DOI: 10.1016/J.CBPA.2018.01.008

ELTOUM, H.; YANG, Y. L.; HOU, J. R. **The effect of nanoparticles on reservoir wettability alteration: a critical review.** Petroleum Science, v. 18, n. 1, p. 136–153, 2021. DOI: 10.1007/s12182-020-00496-0

GU, C.; WANG, S.; ZHANG, Q.; XIE, J. **Visible-light-mediated amidation from carboxylic acids and tertiary amines via C–N cleavage**. Chemical Communications, v. 58, n. 39, p. 5873–5876, 1 jan. 2022. DOI: 10.1039/D2CC01655A

KIANI, S.; ROGERS, S. E.; SAGISAKA, M; ALEXANDER, S; BARRON, A. S**. A New Class of Low Surface Energy Anionic Surfactant for Enhanced Oil Recovery.** Energy and Fuels, v. 33, n. 4, p. 3162–3175, 2019. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.9b00391

KURNIA, I.; ZHANG, G.; HAN, X.; YU, J. **Zwitterionic-anionic surfactant mixture for chemical enhanced oil recovery without alkali**. Fuel, v. 259, n. September 2019, p. 116236, 2020. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116236

LIU, R.; DU, D.; PU, W.; PENG, Q.; TAO, Z.; PANG, Y. **Viscoelastic displacement and anomalously enhanced oil recovery of a novel star-like amphiphilic polyacrylamide**. Chemical Engineering Research and Design, v. 142, p. 369–385, 2019. DOI: 10.1016/j.cherd.2018.12.021.

MARQUES, L. S.; QUINTELLA, C. M.; NETO, G. J. M.; CAVALCANTI, D. F.; SANTOS, L. T. S. **Polimeros Como Metodos Para Recuperação Avançada De Petróleo**. Cadernos de Prospecção, v. 6, n. 4, p. 534–542, 2013. DOI: 10.9771/S.CPROSP.2013.006.057.

MARTÍN, N.; CIRUJANO, F. G. **Heterogeneous catalytic direct amide bond formation**. Catalysis Communications, v. 164, p. 106420, 1 abr. 2022. DOI: 10.1016/J.CATCOM.2022.106420

NI, S. F.; HUANG, G.; CHEN, Y.; WRIGHT, J. S.; LI, M.; DANG, L**. Recent advances in γ-C(sp3)–H bond activation of amides, aliphatic amines, sulfanilamides and amino acids**. Coordination Chemistry Reviews, v. 455, p. 214255, 15 mar. 2022. DOI: 10.1016/J.CCR.2021.214255

PETCHEY, M. R.; GROGAN, G. **Enzyme-Catalysed Synthesis of Secondary and Tertiary Amides**. Advanced Synthesis and Catalysis, v. 361, n. 17, p. 3895–3914, 3 set. 2019. DOI: 10.1002/ADSC.201900694

POTADAR, S. M.; MALI, A. S.; WAGHMODE, K. T.; CHATURBHUJ, G. U. **Repurposing n-butyl stannoic acid as highly efficient catalyst for direct amidation of carboxylic acids with amines**. Tetrahedron Letters, v. 59, n. 52, p. 4582–4586, 26 dez. 2018. DOI: 10.1016/J.TETLET.2018.11.036

PROCOPIO, D.; SICILIANO, C.; TROMBINO, S.; DUMITRESCU, D. E.; SUCIU, F.; DI GIOIA, M. L. **Green solvents for the formation of amide linkages**. Organic & Biomolecular Chemistry, v. 20, n. 6, p. 1137–1149, 1 jan. 2022. DOI: 10.1039/D1OB01814K

SANTOS, A. S.; SILVA, A. M. S.; MARQUES, M. M. B. **Sustainable Amidation Reactions – Recent Advances**. European Journal of Organic Chemistry, v. 2020, n. 17, p. 2501–2516, 2020. DOI 10.1002/ejoc.202000106

SCHOTTEN, C. **Ueber die Oxydation des p-Toluidins**. Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft, v. 34, n. 1, p. 1274–1284, 1901. DOI: 10.1002/ejoc.202000106

SOLOMONS, T.W. Graham; SNYDER, C. R.; FRYHLE, Craig B. **Química orgânica**. 12. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2018. v. 1 / 2018

WAHAB, H. A.; ZEB, H.; BHATTI, S.; GULISTAN, M.; KADRY, S.; NAM, Y. **Numerical Study for the Effects of Temperature Dependent Viscosity Flow of Non-Newtonian Fluid with Double Stratification**. Appl. Sci. 2020, 10, 708. DOI: 10.3390/app10020708.

WANG, C.; ZHONG, L.; CAO, Z.; LIU, Y.; ZOU, J.; WANG, Q. **Synergistic Collaboration between a Viscosity Reducer and a Surfactant for in Situ Emulsion Formation to Enhance Heavy-Oil Recovery**. Energy and Fuels, v. 34, n. 1, p. 95–102, 2020. DOI: 10.1021/acs.energyfuels.9b02796

CAPÍTULO 6

USO DE SENSOR PIEZOELÉTRICO NA DETERMINAÇÃO DO ATRASO DE IGNIÇÃO EM UM MOTOR DE COMBUSTÃO DO CICLO DIESEL

Data de aceite: 01/09/2022

Márcio Andrade Rocha
Instituto Federal da Bahia-IFBAJequié, Brasil

Lesso Benedito dos Santos
Instituto Federal de Alagoas-IFAL
Maceió, Brasil

Carlos A. Cabral Santos
Universidade Federal da Paraíba-UFPB
João Pessoa, Brasil

Jefferson W. de M. Mendonça
Universidade Federal da Paraíba, UFPB
João Pessoa, Brasil

RESUMO: O presente trabalho objetiva determinar o tempo de atraso de ignição em um motor de combustão interna do ciclo Diesel por meio do uso da análise de vibração a partir do uso de sensor piezoelétrico. O estudo foi realizado na Universidade Federal da Paraíba-UFPB no Laboratório de Ensaios de Motores e Emissões-LEME tendo sido utilizado um motor MWM 4.07 TCE do ciclo Diesel e constituído de sistema de injeção eletrônica. Sinais de vibração foram captados pelo sensor piezoelétrico no momento da combustão e condicionados eletronicamente por um circuito desenvolvido par tal finalidade. Comparando os sinais provenientes do sensor piezoelétrico e da abertura do bico injetor foi possível determinar o tempo de atraso da ignição.
PALAVRAS-CHAVE: Atraso de ignição; sensor piezoelétrico; análise de vibração.

USE OF A PIEZOELECTRIC SENSOR TO DETERMINE THE IGNITION DELAY IN A DIESEL CYCLE COMBUSTION ENGINE

ABSTRACT: The present work aims to study the ignition delay time in an internal combustion engine of the Diesel cycle through the use of vibration analysis. The study was carried out at the Federal University of Paraíba-UFPB at the Laboratory of Engines and Emissions Tests-LEME, using a MWM 4.07 TCE Diesel cycle engine and consisting of an electronic injection system. Vibration signals were captured by the piezoelectric sensor at the time of combustion and electronically conditioned by a circuit developed for this purpose. By comparing the signals from the sensor and the injector opening, it was possible to determine the ignition delay time.
KEYWORDS: Ignition delay; piezoelectric sensor; vibration analysis.

INTRODUÇÃO

Os motores de combustão interna que trabalham conforme o ciclo Diesel injetam o combustível na câmara de combustão em um instante específico e determinado de antemão. A injeção do Diesel em um cilindro contendo ar comprimido em alta pressão faz com que ocorra a combustão, sendo o início do processo um pouco antes do pistão atingir o ponto morto superior – PMS. O combustível não se inflama instantaneamente a partir do início da injeção levando, portanto, uma fração de segundos desde a abertura do injetor até o início da

explosão propriamente dita. Esse intervalo de tempo é chamado de “Atraso de Ignição”.

Heywood (1988) define “atraso de ignição” em um motor Diesel como o intervalo de tempo (ou ângulo de manivela) compreendido entre o início da injeção e o início da combustão.

O início da injeção é geralmente considerado como o momento em que a agulha do injetor sai do assento. Segundo Lata & Misra (2011), o início da combustão é mais difícil de ser detectado.

Segundo Manavella (2009), é desejável que o atraso seja o menor possível, mas, há fatores que limitam este tempo. O principal é o índice cetano do combustível. Um índice cetano de 40 é considerado o mínimo sendo que índices maiores produzirão atrasos menores.

Objetivando determinar o atraso de ignição, um sensor piezoelétrico foi utilizado, sendo este instalado no bloco do motor com a finalidade de captar sinais de vibração em decorrência do processo de combustão. Esses sinais foram condicionados eletronicamente através de um circuito desenvolvido para essa finalidade, ou seja, determinar o início da combustão. Dessa forma, fazendo a comparação entre os sinais do sensor piezoelétrico e de abertura do bico injetor foi possível determinar o atraso de ignição em um motor do ciclo Diesel utilizando combustível convencional[1].

METODOLOGIA

Trata-se de um trabalho de caráter experimental realizado no Laboratório de Ensaios de Motores e Emissões-LEME da Universidade Federal da Paraíba-UFPB. Foram utilizados como recursos para o experimento: um motor MWM 4.07 TCE com sistema de injeção *Common Rail* e turbo alimentado; sensor piezoelétrico tipo pastilha; sensor de detonação automotivo; osciloscópio de dois canais; circuito de instrumentação para o condicionamento dos sinais dos sensores contendo placa fenolite, CI LM324, CI LM7805, capacitores, resistores, opta acoplador e conectores; Protoboard; microcontrolador.

Sensores piezoelétricos foram estudados em Nusc (1978) e em Freitas (2017) e utilizados nesse trabalho. Os sensores tipo pastilhas foram instalados no bloco do motor em diversos locais para análise do melhor sinal detectado. Entretanto, por questões relacionadas tanto ao espaço disponível no bloco do motor como também na forma de fixação das pastilhas, estas não apresentaram estabilidade apropriada seja de caráter de captação de sinais como de fixação. Diante desses problemas apresentados, resolveu-se optar pela substituição da pastilha pelo sensor de detonação. Vale ressaltar que este sensor baseia-se também no fenômeno piezoelétrico. Após a substituição os sinais obtidos passaram a ser mais estáveis e apropriados a serem utilizados. A Figura 1 ilustra a pastilha

1 Denominamos aqui combustível convencional a mistura Diesel/Biodiesel especificada e vendida em qualquer posto de combustível do país como combustível para funcionamento dos motores do ciclo Diesel.

piezoelétrica e o sensor de detonação utilizados.

(a) (b)

Figura 1 – (a) pastilha piezoelétrica e (b) sensor de detonação.

Em seguida, etapas de condicionamento de sinal, incluindo filtragem, amplificação e processamento de sinal foram implementadas. Para isso um circuito eletrônico foi desenvolvido de forma a se obter o sinal apropriado indicativo do início da combustão no interior do cilindro do motor.

Por fim, os sinais provenientes do sensor de detonação e de abertura do bico injetor foram comparados através do uso do osciloscópio de forma a se determinar o tempo de atraso de ignição.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A vibração produzida pela detonação do combustível no motor se espalha por toda a sua massa em uma variação temporal que implicou numa primeira etapa do desenvolvimento do trabalho, que foi a escolha do sensor ideal para a medição dessa vibração considerando o princípio de funcionamento, custo envolvido, complexidade de aquisição e frequência de vibração do motor. Como conclusão, os sensores que funcionam utilizando o efeito piezoelétrico foram considerados. Após o posicionamento de um sensor piezoelétrico em uma parte central do motor, o sinal gerado pelo sensor de detonação foi analisado e percebeu-se que necessitava de amplificação, pois sua amplitude era muito baixa para ser detectada pelo conversor analógico-digital de 10 bits do microcontrolador (para posterior processamento). Como consequência, utilizou-se um amplificador. Como o sinal estava com picos em torno de 50 mV, utilizou-se um amplificador com ganho 100. Após a seleção do primeiro amplificador de alto ganho LM324, notou-se que o sinal estava perdendo definição das bordas, como mostra a Figura 2.

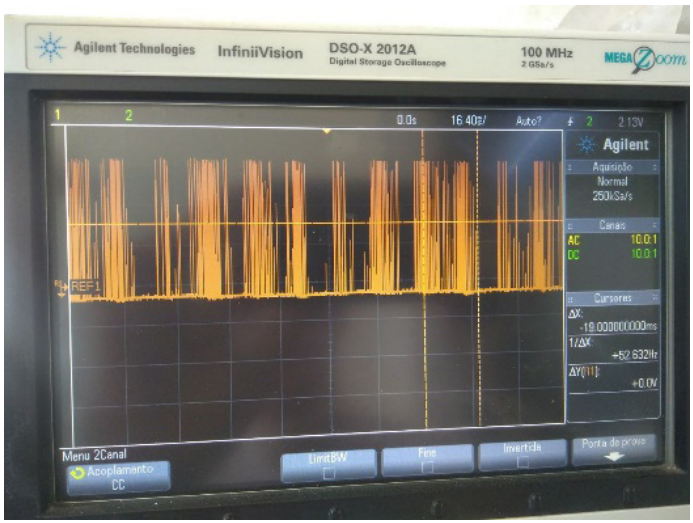


Figura 2 - Sinal sem definição nas bordas.

Ao se investigar a possível causa, foi considerada a possibilidade de o ganho estar muito alto e o amplificador estar sendo saturado. Após a aquisição de um amplificador de baixo ruído, o sinal com o motor em baixa rotação voltava a ficar abaixo da resolução do conversor analógico-digital do microcontrolador. Considerando as amostras obtidas dos ensaios, observou-se que havia aumento na amplitude do sinal juntamente com o aumento da rotação do motor, e que o amplificador apresentou o comportamento esperado quando a tensão do sinal de saída estivesse abaixo de 1,5V menor que a tensão de alimentação. Com isso, passou-se a alimentar o amplificador com 12V e o ganho foi ajustado para 15. Com as devidas alterações nos amplificadores operacionais, incluindo ajuste do ganho, tensão de alimentação e topologia do amplificador, o sinal apresentou-se dentro dos níveis de tensão necessários e esperados para o perfeito funcionamento juntamente ao microcontrolador. Problema relacionado à amplificação de sinais foram estudados no Handbook da Texas Instruments (2016).

A Figura 3 ilustra os sinais do sensor piezoelétrico em cor amarela após o condicionamento e o da abertura do bico injetor, sendo que a diferença temporal entre eles é o atraso de ignição.

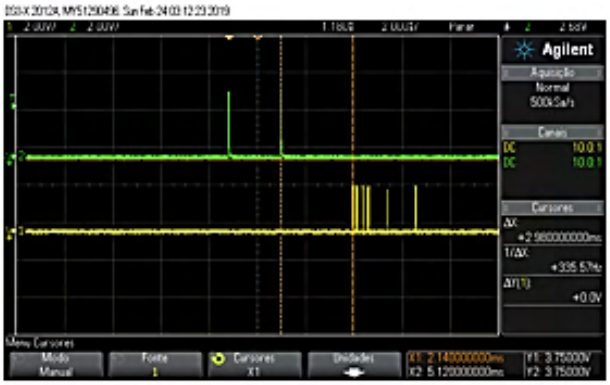


Figura 3 - Sinal do sensor piezoelétrico após tratamento (em amarelo)

Ajustes realizados no programa desenvolvido e utilizado no microcontrolador para captação e condicionamento dos sinais provenientes do sensor de detonação proporcionaram melhorias significativas para determinação do momento inicial exato da combustão e que, comparado com o sinal de abertura do bico injetor, chega-se ao objetivo dessa pesquisa em se determinar o atraso de ignição conforme pode ser observado na Figura 4.

Figura 4 – Determinação do atraso de ignição

CONCLUSÃO

O uso do sensor piezoelétrico mostrado consistente para o estudo do atraso de ignição em motores de combustão interna do ciclo Diesel.

O custo envolvido no experimento foi muito baixo quando comparado a outros

sensores mais sofisticados. O sensor utilizado é utilizado em motores flex e são fáceis de serem adquiridos, possuem baixo custo e também são de fácil instalação.

O circuito de condicionamento construído teve componentes eletrônicos que proporcionaram filtragem e amplificação dos sinais conforme esperado e, ressalta-se ainda, o baixo custo envolvido na sua construção.

Os experimentos não exigiram técnicas invasivas que viessem a proporcionar interferência de ordem mecânica ou eletro-eletrônica capaz de alterar a originalidade do motor.

O estudo do princípio de funcionamento para a do sensor utilizado agregado ao uso de um circuito apropriado de condicionamento de sinais, proporcionou um tratamento adequado a uma grandeza física para que esta pudesse ser corretamente convertida em sinal elétrico, lida e tratada por um microcontrolador.

Os resultados obtidos para o atraso de ignição nesse motor mostrou consistência com resultados apresentados na literatura técnica. O conhecimento do ponto exato no qual ocorre a combustão do combustível é de fundamental importância para que o motor se comporte da forma desejada.

AGRADECIMENTOS

Prestamos os nossos agradecimentos à CAPES pelo fomento em nossa pesquisa.

REFERÊNCIAS

FREITAS, Víncentte; SILVA, Jusciane,. **Sensor de Vibração Mecânica Utilizando Plataforma Arduino e Material Piezoelétrico**. Mossoró-RN, 2017.

HEYWOOD, JB. **Internal combustion engine fundamentals.** New York: McGraw-Hill; 1988.

LATA, D.B.; MISRA, Ashok**. Analysis of ignition delay period of a dual fuel diesel engine with hydrogen and LPG as secondary fuels.** International journal of hydrogen energy v. 36 (2011), p. 3746 a 3756.

MANAVELLA, H. J. **Diagnóstico Automotivo Avançado**. São Paulo-SP: Printed in Brazil, 2009.

NUSC, Technology Monograph, **HANDBOOK for the ANALYSIS of PIEZOELECTRIC TRANSDUCERS**, 1978.

TEXAS INSTRUMENTS, **Handbook of Operational Amplifiers Applications**. Outubro de 2001. Revisado em Outubro de 2016.

CAPÍTULO 7

APLICAÇÕES E LIMITAÇÕES DO GESSO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 01/08/2022

Augusto Cury Braff
Campo Grande, MS

RESUMO: O gesso é utilizado como um material na construção civil há muito tempo. Estudos apontam seu uso desde o oitavo milênio antes de Cristo, nas regiões da Síria, Turquia, ruínas da cidade de Jericó e no Egito. O gesso era empregado principalmente em confecção de estátuas e argamassa para moldagem de objetos decorativos. Com a evolução industrial a utilização do gesso se diversificou, os equipamentos para sua fabricação passaram a agregar maior tecnologia visando aprimorar e ampliar sua empregabilidade, utilizando-o como revestimento, material aglomerante, sistemas *drywall* (gesso acartonado), rebaixamento, divisor de ambientes e como elemento decorativo. Entretanto é necessário destacar os cuidados que devem ser considerados no processo de sua instalação, bem como, em quais ambientes poderá ser utilizado e se o profissional responsável tem a devida qualificação para a realização do trabalho. Ainda que o aumento na utilização do gesso nas edificações tenha sido notório nos últimos anos, o Brasil não usufrui com tanta abundância de seus recursos gipsitas, quando comparado com outros grandes produtores de gesso, como é o caso dos Estados Unidos, Canadá e União Européia. Por isso é preciso compreender o material em estudo, para aproveitar ao máximo suas aplicabilidades e vantagens.

PALAVRAS-CHAVE*:* Gesso. *Drywall.* Construção civil. Engenharia.

1 I INTRODUÇÃO

Na construção civil, o gesso ganha cada vez mais espaço, por possuir boas propriedades ligantes e de resistência quando adicionado à água, aumentando assim, sua produtividade, agilidade de execução, e versatilidade. Apresenta vantagens em sua moldagem, boa aparência, propriedades térmicas e acústicas, fácil aderência à alvenaria e concreto, sendo utilizado como revestimento, rebaixamento e divisor de ambientes.

Por isso é preciso compreender o gesso, estudar suas aplicabilidades e vantagens, para que o material seja utilizado e aproveitado da melhor forma possível, conhecer suas limitações de uso e cuidados necessários para sua empregabilidade na engenharia civil.

O uso do gesso exige extremos cuidados em sua instalação. O profissional responsável deverá estudar, conhecer e planejar o local no qual o gesso será utilizado, pois quando finalizado, deverá atender e cumprir as exigências de segurança, habitabilidade e sustentabilidade ao longo dos anos.

O tema tem como objetivo geral elucidar

as aplicações do uso do gesso na construção civil e os objetivos específicos de destacar suas aplicabilidades na atualidade, suas limitações de uso e os cuidados necessários durante o processo de execução e compreender as maneiras de reaproveitar seus resíduos.

O trabalho em questão será desenvolvido de acordo com uma Revisão de Literatura, tendo como referência desde trabalhos clássicos até mais recentes, datados de 1986 até 2006.

Todos os dados e informações serão levantados mediante pesquisas de referências bibliográficas de textos e artigos na internet, bem como em livros e periódicos de circulação nacional, contemplando então idéias e vivências de diferentes locais e autores, como a Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso e o autor Cláudio Mitidieri. As palavras-chave são gesso, *Drywall*, Construção civil e Engenharia.

2 | APLICABILIDADES DO GESSO

O gesso conquista seu espaço na área da construção civil por ser um material de uso versátil com reciclagem total de seus resíduos. Apresenta vantagens em sua moldagem, boa aparência, propriedades térmicas e acústicas, boa aderência à alvenaria e concreto, e produtividade elevada. Porém aponta desvantagens que limitam seu uso e necessita de importantes cuidados durante sua instalação (ABRAGESSO, 2004).

Segundo Nolhier (1986):

> O gesso de construção é um material em pó obtido pela calcinação da gipsita ($CaSO_4 .2H_2O$ – dihidrato) e é constituído basicamente por sulfato de cálcio hidratado tendo como componente principal a bassanita ($CaSO_4.0,5H_2O$ – hemidrato). Também são detectadas as presenças de anidrita, gipsita e impurezas de rocha.

O uso do gesso na construção civil brasileira cresce gradativamente. Impulsionado em meados da década de 1990, com a introdução da tecnologia *drywall,* como material de revestimento, aplicado diretamente em paredes e tetos, como material de fundição, utilizado na produção de placas de forro, sancas, molduras e elementos decorativos (DRYWALL, 2006).

2.1 Paredes de gesso acartonado

As paredes de gesso acartonado (sistema *drywall*), são formadas por chapas de gesso parafusadas em um material de aço galvanizado ou de madeira. Podem ser utilizadas em diversos ambientes, como hospitais, indústrias, residências e comércios. Ressaltando que cada parede em *drywall* deve ser planejada em função das especificações do projeto do local que será instalada (CIOCCHI, 2003).

Depois de escolhido e analisado em qual local será feita a instalação da parede *drywall,* é definido o tipo de placa que será usado e então é iniciado o processo de execução. Esse processo é dividido basicamente em três etapas: a primeira, aonde é realizada a estrutura

da base, são colocadas guias metálicas no teto e no piso, para servir de sustentação aos montantes verticais de aço galvanizado, que deverão estar em uma distância de cinqüenta centímetros uns dos outros, e nos quais as chapas serão parafusadas (MITIDIERI FILHO, C.V., 2005).

Na segunda etapa do processo é feita a cobertura das juntas dos montantes, com fita e massa próprias, a fim de evitar fissuras e deixar a superfície o mais plana possível. E por fim, a terceira e última etapa do processo, que consiste principalmente no acabamento da superfície da parede *drywall,* e também será decidido e realizado o tipo de pintura da chapa ou o revestimento específico desejado do projeto (DRYWALL, 2006).

É importante destacar que nesse sistema construtivo, a parte interna da parede constituída por chapas, apresenta um espaço vazio, por onde podem passar as tubulações dos projetos hidráulico e elétrico, caracterizando o sistema e acrescentando vantagens de ser limpo, prático, seco e rápido (MITIDIERI FILHO, C.V., 2005).

Especificação das chapas de gesso:

(1) Em áreas secas é permitido usar qualquer tipo de chapa;

(2) Em áreas úmidas é recomendado utilização de chapa Resistente à Umidade (RU);

(3) Em áreas como: saída de emergência, saída enclausurada, ou onde há necessidade de resistência ao fogo, é recomendado utilização de chapa Resistente ao Fogo (RF) (CIOCCHI, 2003).

"Observação: A espessura mínima da chapa de gesso para paredes com uma única camada em cada face é de 12,5mm" (DRYWALL, 2006, p.24).

Figura 1 - Placas de gesso acartonado

Fonte: CONSTRUINDODECOR, 2018.

Figura 2 - Paredes de gesso acartonado

Fonte: PISOAQUISHOP, 2018

2.2 Forros de gesso

O rebaixamento de gesso é prático, de fácil colocação, apresenta proteção acústica e térmica, traz facilidades para a instalação elétrica e oferece um acabamento sofisticado ao ambiente (ABRAGESSO, 2004).

Tipos de rebaixamento em gesso:

Forro em placa é feito de placas de gesso que são alinhadas e encaixadas, gera bastante resíduo, demanda maior mão de obra, porém seu custo/benefício é ideal para ambientes pequenos(SAVI, 2012).

Forro de *drywall* é atual, tecnológico e moderno. Apresenta espessura mais fina que o forro de placa, aumentando o aproveitamento de área útil. Requer menos tempo para sua execução, não gera grande quantidade de resíduos, porém é mais caro que o forro de placa, por exigir mão de obra mais qualificada e pelo próprio custo do material (DRYWALL, 2006).

O gesso é utilizado também como uma moldura entre o teto e a parede, tornando-se um elemento decorativo, classificado em cinco estilos: sanca aberta, sanca fechada, sanca invertida, rasgo de luz e ilha (BEICHEL, 1997).

Figura 3 - Sancas de gesso

Fonte: CASAEFESTA, 2018

Figura 4 - Rebaixamento / Forro de gesso

Fonte: GESSOEASSOCIADOS, 2018

2.3 Revestimento de gesso

O gesso para construção civil é comercializado em sacos de quarenta quilogramas, e deve atender as especificações da Norma 13207/94 quanto ao tempo de pega e módulo de finura (ABRAGESSO, 2004).

Para revestimento de paredes, é usado o gesso liso, misturado com água, apresenta forma pastosa, podendo ser aplicado sobre alvenaria, blocos, concreto e *drywall*. Aponta importantes vantagens, com tempo rápido de pega e cura, encurta o período de acabamento e pintura, dispensa as etapas de chapisco e reboco. (DRYWALL, 2006).

É classificado de acordo com dois parâmetros: o material e a técnica de aplicação. O material: (1) revestimento de pasta de gesso (gesso liso); (2) revestimento de argamassa de gesso (gesso adicionado ao calcário em pó fino, cal, aditivos retardadores e incorporadores de ar). Segundo a técnica de aplicação: (1) manual e (2) por projeção mecânica (BEICHEL, 1997).

A técnica manual obedece ao processo de: aplicação do material, utilização de faixas mestras, sarrafeamento (técnica necessária para regularização da superfície, feita com o instrumento denominado sarrafo), pré-acabamento e acabamento feito com desempenadeira (a fim de deixar a superfície plana) (CIOCCHI, 2003).

Por projeção mecânica a execução é feita com os seguintes passos: (1) aplicação do produto por projeção, (2) sarrafeamento e (3) acabamento com desempenadeira (MITIDIERI FILHO, C.V., 2005).

Figura 5 - Revestimento de gesso

Fonte: SALINASREVESTIMENTOS, 2018

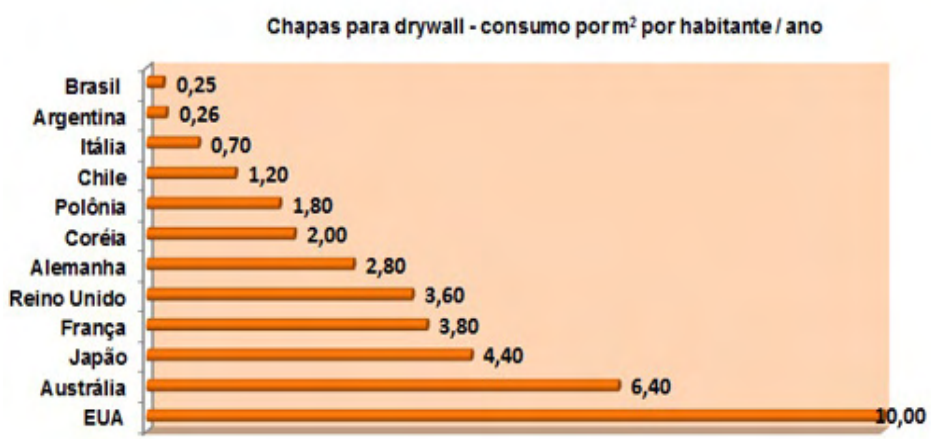


Figura 6 - Utilização de *Drywall*

Fonte: DRYWALL, 2006

3 I LIMITAÇÕES DO USO DO GESSO E OS CUIDADOS EM SUA INSTALAÇÃO

Entre facilidades, vantagens de aplicação e produtividade elevada, o uso do gesso exige extremos cuidados em sua instalação, que deverão ser estudados, planejados e executados com seriedade na obra (DRYWALL, 2006).

O revestimento interno com gesso retrata desvantagens devido a sua espessura reduzida, por isso o profissional responsável pela execução necessita de atenção redobrada com a base que irá receber o revestimento, a mesma deverá apresentar boa regularidade superficial e precisão geométrica, para que o trabalho seja concluído satisfatoriamente e

atenda aos padrões de qualidade (DELGADO, 1997).

Analisando ainda a espessura reduzida do revestimento com gesso, podemos destacar que apresenta maior susceptibilidade à deformação dos substratos empregados, pouca contribuição na função estrutural do sistema construtivo, pouco auxílio na fixação de cargas suspensas (exemplo: elementos decorativos, móveis planejados, lustres), o isolamento acústico é mínimo e revela menor resistência a choques mecânicos (ABRAGESSO, 2004).

Figura 7 - Aplicação de revestimento com gesso

Fonte: RUSSELSERVIÇOS, 2018

Figura 8 – Revestimento interno não suporta a base

Fonte: SALINASREVESTIMENTOS, 2018

O revestimento com gesso necessita de um local de obra limpo, seco e organizado, pois mostra grande sensibilidade à umidade, quando o gesso entra em contato com a água amolece e pode dissolver-se, também devemos destacar que nessas condições o material e o ambiente contribuem para o surgimento e proliferação de microorganismos (exemplo: fungos, bolor), podendo também apresentar eflorescências (amarelamento causado pela umidade) (DELGADO, 1997).

Outro cuidado que os profissionais responsáveis devem avaliar, é se no projeto será feita a utilização de materiais e acessórios de aço, pois quando entram em contato com o gesso são corroídos, então será necessário a realização de um tratamento nesses materiais, feito através de uma pintura anticorrosiva (MITIDIERI FILHO, C.V., 2005).

Figura 9 – Gesso danificado pela umidade

Fonte: GESSOEASSOCIADOS, 2018

Figura 10 – Eflorescência do gesso

Fonte: REFORMAFÁCIL, 2018

O profissional responsável pela execução e instalação do gesso é denominado Gesseiro, é uma profissão que tem aumentado em todo o país, juntamente com as novas técnicas construtivas na Engenharia Civil. Nessa profissão, o profissional deve apresentar técnicas de moldagem do material, preparação e organização do local de trabalho, criatividade e mostrar domínio com as propriedades e características específicas do material (BAUER, 1994).

O planejamento do Gesseiro é muito importante para um resultado final de qualidade, o profissional deverá realizar cálculo dos materiais, analisar o local com o projeto de detalhe em mãos, trabalhar em conjunto com outros profissionais, como instaladores hidráulicos e elétricos, usar os equipamentos de proteção individuais e se preocupar com o isolamento do local de trabalho, priorizando sempre a segurança de todos no local (ABRAGESSO, 2004).

Figura 11 – Profissional Gesseiro

Fonte: BLOGDOGESSEIRO, 2018

4 I REAPROVEITAMENTO DOS RESÍDUOS DO GESSO

Com o crescimento e aceleração da construção civil, a economia sustentável tem progredido de forma significativa, visando qualidade e bem-estar da população, priorizando o uso de materiais que estejam ecologicamente adequados (RIBEIRO, 2006).

O gesso apresenta importante contribuição para a sustentabilidade da construção civil no Brasil e no mundo, por gerar resíduos totalmente recicláveis. Os resíduos do gesso devem ser separados dos outros materiais da obra e armazenados em locais específicos, quando limpos readquirem suas características químicas, podendo assim, serem reutilizados (MUNHOZ, 2008).

De acordo com John e Cincotto (2007), o processo de reciclagem do gesso é mais complexo que o processo de produção a partir da matéria-prima, a gipsita. O processo de reciclagem exige além da energia, mais mão de obra, pois é necessário fazer a remoção de contaminantes, além de ser necessário um melhor sistema de segregação dos resíduos de gesso.

Sua cadeia produtiva está comprovada em três setores: (1) agricultura, em que o gesso é utilizado para corrigir a acidez do solo, melhorando assim suas características, (2) na indústria gesseira, na qual o gesso pode reincorporar seus resíduos em seu processo de produção e, (3) na indústria de cimento, onde o gesso é um aditivo extremamente útil e necessário, atuando como retardador do tempo de pega do cimento (PINHEIRO, 2011) (BARDELLA, 2011).

Figura 12 – Gesso na agricultura

Fonte: RAIJ, 2008

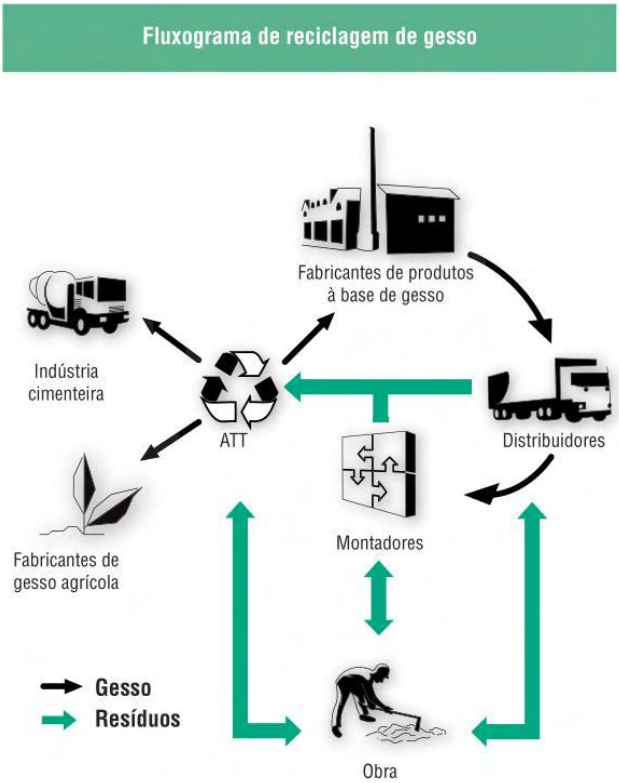


Figura 13 – Fluxograma de reciclagem de gesso

Fonte: DRYWALL, 2006

5 | CONCLUSÃO

Devido ao aumento expressivo do uso do gesso na construção civil, é preciso conhecer e compreender sua aplicabilidade, versatilidade e limitações de uso, para que o material seja utilizado e aproveitado da melhor forma possível, aliando uma construção de qualidade com sustentabilidade.

O trabalho desenvolvido abordou a aplicação do gesso em suas variadas formas nas edificações, podendo ser utilizado como um elemento estrutural, arquitetônico e decorativo. Foi apresentado o sistema drywall (paredes de gesso acartonado), o rebaixamento de ambientes com forros de gesso e a utilização do gesso como um revestimento.

Atingido o objetivo de compreender as aplicabilidades e vantagens do gesso, foi necessário analisar suas limitações na construção civil e ressaltar os cuidados que devem ser respeitados durante sua instalação, a fim de produzir resultados satisfatórios com qualidade.

Todas essas utilizações do gesso geram resíduos, que são totalmente recicláveis, apresentando grande contribuição para a sustentabilidade, e como apontado no tema em estudo, com uma cadeia produtiva nos setores da agricultura, indústria gesseira e indústria de cimento.

Buscando um projeto futuro, é importante realizar estudos e aprofundar em questões de sustentabilidade, com mais referências e pesquisas em reaproveitamento dos resíduos gerados da utilização do gesso, para que seja possível aumentar sua cadeia produtiva e diminuir a utilização de recursos naturais.

REFERÊNCIAS

ABRAGESSO – Associação Brasileira dos Fabricantes de Blocos e Chapas de Gesso. **Manual de montagem de Sistemas Drywall.** São Paulo: Pini, 2004.

BARDELLA, P. S. **Análise das propriedades de pastas de gesso de construção reciclado.** 2011. 235p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2011.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção.** 5. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 1994.

BEICHEL, A. **Argamassa projetada à base de gesso para revestimento interno.** Gypsum Fair. Olinda, 1997.

BLOGDOGESSEIRO. Disponível em: <https://blogdogesseiro.com/gesseiro-e-instalador-de-drywall-e-a-mesma-profissao/>. Acesso em: 25 outubro. 2018.

CASAEFESTA. Disponível em: <http://www.casaefesta.com/sancas-de-gesso>. Acesso em: 30 abril. 2018.

CIOCCHI, L. **Use corretamente o gesso acartonado.** Revista Téchne, P. 42-45. 2003.

CONSTRUINDODECOR. Disponível em: <http://www.construindodecor.com.br/gesso-acartonado/>. Acesso em: 30 abril. 2018.

DELGADO, C.B. PIRES, C.W.A. **Revestimento de Gesso: pasta e Argamassa: determinação das propriedades mecânicas.** Simpósio brasileiro de tecnologia das argamassas. Salvador, 1997.

DRYWALL – Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas para Drywall. **Manual de projeto de Sistemas Drywall: paredes, forros e revestimentos.** São Paulo: Pini, 2006.

GESSOEASSOCIADOS. Disponível em: <http://www. gessoeassociados.com.br/>. Acesso em: 30 abril. 2018.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. O. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais.** São Paulo: Ibracon, 2007.

MITIDIERI FILHO, C.V. **Juntas em Drywall.** Revista Téchne. São Paulo, nº 100, p.98-103. Julho, 2005.

MUNHOZ, F. C. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa.** 2008. 164p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.

NOLHIER M. **Construire en plâtre.** França, L'Harmattan, 1986.

PINHEIRO, M. S. **Gesso reciclado: avaliação de propriedades para uso em componentes.** 2011. 330p. Dissertação (Doutorado em Engenharia Civil), Universidade de Campinas, São Paulo, 2011.

PISOAQUISHOP. Disponível em: <http://www.pisoaqui.com.br/>. Acesso em: 30 abril. 2018.

RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura.** Instituto agronômico, Campinas - SP. 2008.

REFORMAFACIL. Disponível em: <http://reformafacil.com.br/produtos/pinturas-e-texturas/dicas-para-evitar-e-corrigir-eflorescencia-na-pintura/>. Acesso em: 25 outubro. 2018.

RIBEIRO, A. S. **Produção do gesso reciclado a partir de resíduos oriundos da construção civil.** Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2006.

RUSSELSERVICOS. Disponível em: <https://russelservicos.com.br/produto/terceirizacao-gesseiro-construcao-civil/aplicação de revestimento com gesso>. Acesso em: 25 outubro. 2018.

SALINASREVESTIMENTOS. Disponível em: <http://salinasrevestimentos.com.br/>. Acesso em: 30 abril. 2018.

SAVI, O. **Produção de placas de forro com a reciclagem de gesso.** 2012. 233p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana), Universidade Federal de Maringá, 2012.

CAPÍTULO 8

REVISÃO DOS MÉTODOS DE DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL DE VIGAS MISTAS CONCRETO/MADEIRA

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 07/07/2022

Guilherme Barbosa Vieira
Centro de Ensino Unificado do Piauí – CEUPI
Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/3580214665874070

Thyago Camelo Pereira da Silva
Universidade Federal do Piauí – UFPI
Teresina-PI
http://lattes.cnpq.br/0430345451838459

RESUMO: As estruturas mistas constituídas por materiais de diferentes propriedades mecânicas são uma solução alternativa às estruturas de uso corrente na construção civil. Estruturas mistas concreto/madeira são interessantes soluções estruturais bastante adotadas em pequenas construções. Esta combinação construtiva busca não somente obter redução de custos de construção, mantendo a segurança estrutural, como também um desempenho arquitetônico e ambiental vantajoso. Esta pesquisa visa apresentar uma revisão de cunho crítico no tocante ao dimensionamento estrutural de vigas mistas de concreto/madeira através de um método obtido com base em normas nacionais e internacionais.
PALAVRAS-CHAVE: Estruturas mistas, concreto, madeira, sistema de ligação, segurança estrutural.

REVIEW OF STRUCTURAL DESIGN METHODS FOR CONCRETE/WOOD COMPOSITE BEAMS

ABSTRACT: Mixed structures made of materials with different mechanical properties are an alternative solution to structures commonly used in civil construction. Concrete/wood composite structures are interesting structural solutions widely adopted in small constructions. This constructive combination seeks not only to obtain a reduction in construction costs while maintaining structural safety, but also an advantageous architectural and environmental performance. This research aims to present a critical review regarding the structural design of composite concrete-wood beams through a method obtained based on national and international standards.
KEYWORDS: Composite structures, concrete, wood, connection system, structural safe.

1 I INTRODUÇÃO

As estruturas mistas, segundo MIOTTO (2009), são constituídas por materiais de diferentes propriedades mecânicas associados, sendo uma solução alternativa às estruturas de uso convencional na construção civil. Essas soluções em estruturas possibilitam a redução de custos, mantendo a segurança estrutural, com um desempenho arquitetônico e ambiental vantajoso.

O desempenho de uma estrutura mista deve-se, em geral, à eficiência do sistema de ligação da zona de interface, podendo

ser do tipo rígido ou flexível (permitindo o uso sinérgico dos materiais). Esse sistema é responsável por transmitir a força de cisalhamento longitudinal na interface dos dois materiais combinados ao longo do comprimento do elemento e impedir o desprendimento vertical destes. (MIOTTO, 2009)

A madeira e o concreto são materiais facilmente encontrados nas mais diversas regiões do Brasil, sendo assim de larga utilização, tanto isoladamente quanto combinados. Vale ressaltar também, que ao se utilizar este tipo de estruturas há uma redução do custo direto por metro quadrado, uma maior rapidez de execução da estrutura e um emprego de menor número de escoras e fôrmas como elementos favoráveis às suas aplicações.

Além disso, a estrutura fica mais leve, graças à redução do peso próprio que possibilita o emprego de sistema de fundação mais simples e, do ponto de vista arquitetônico, as vigas de madeira podem ficar aparentes internamente, propiciando um aspecto que pode ser aproveitado na arquitetura do ambiente.

A utilização da madeira e concreto associados de forma empírica datam do início do século XIX, segundo BENITEZ (2000), conforme citado em OLIVEIRA(2002), na construção dos mais diversos elementos estruturais, desde pontes à lajes de edificações residenciais.

No entanto, para que seja garantido um sistema de ligação eficiente entre os materiais utilizados, se faz necessário uma análise precisa de todos os esforços na qual a estrutura estará sujeita e ainda cumprir com todas as normativas técnicas em vigor.

O presente trabalho tem como objetivo apresentar uma revisão com os aspectos críticos no dimensionamento estrutural de vigas mistas de concreto/madeira, bem como apresentar uma revisão da literatura dos métodos e aspectos técnicos críticos na análise e dimensionamento estrutural de vigas mista concreto/madeira, realizar um exemplo de dimensionamento de viga mista utilizando os métodos apresentados e apresentar os tipos de conectores que podem ser usados na ligação entre a alma de uma viga mista de concreto/madeira.

2 | REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Viga mista concreto/madeira

Segundo OLIVEIRA (2002), as vigas mistas concreto/madeira consistem na associação de vigas de madeira serrada ou de madeira laminada colada a uma laje de concreto, através de elementos de ligação mecânica capazes de resistir a esforços de deslizamento na interface dos dois materiais.

O sistema de estruturas mistas concreto/madeira já vem sendo pesquisado há algum tempo. Segundo BENITEZ (2000), conforme citado por OLIVEIRA (2002), elementos de ligação fabricados em aço e utilizados para unir madeira e concreto, como um sistema misto, foram desenvolvidos por volta de 1930 na Universidade do Oregon, Estados

Unidos. Na área de estruturas novas, AASHEIM (2000), conforme citado por OLIVEIRA (2002), relata que a Finlândia vem desenvolvendo e construindo várias pontes mistas de concreto/madeira, inclusive utilizando vigas de madeira laminada colada e laje de concreto, sendo que a primeira ponte mista com este sistema construtivo foi inaugurada naquele país em 1993. O comportamento das estruturas mistas de concreto/madeira difere das estruturas mistas de aço/concreto, especialmente nos estados limites últimos.

Sob um ponto de vista prático, as fórmulas aproximadas para o dimensionamento de estruturas mistas concreto/madeira, como as propostas pela Eurocode 5 (2004), são indicadas para os estados limite últimos. A sua utilização é adequada em situações de curta duração, porém quando fenômenos de longa duração são relevantes, como por exemplo, vigas de vãos longos em condições ambientais severas, estas podem conduzir a erros. A este respeito, CAPRETTI E CECCOTTI (1996), conforme citado por OLIVEIRA (2002) concluíram, após o monitoramento de 5 anos de vigas mistas madeira laminada colada/concreto, que ocorre um acentuado comportamento de deformação lenta tanto da madeira quanto do concreto, além de efeitos de expansão e retração da madeira devido a variações ambientais e expansão térmica do concreto, todos considerados aspectos relevantes numa análise de longa duração

Comparando-se estruturas mistas com lajes de piso ou cobertura em concreto armado, além da redução do custo direto por metro quadrado, CECCOTTI (1995), conforme citado por OLIVEIRA (2002), também aponta a maior rapidez de execução da estrutura, emprego de menor número de escoras e fôrmas como elementos favoráveis às suas aplicações. A execução de uma estrutura mais leve, graças à redução do peso próprio, possibilita o emprego de sistema de fundação mais simples. Do ponto de vista arquitetônico, as vigas de madeira que podem ficar aparentes internamente, propiciam um aspecto melhorado.

2.2 Revisão dos métodos de dimensionamento de vigas mistas de concreto/madeira

As pesquisas precursoras sobre as estruturas mistas em concreto/madeira foram publicadas no início da década de 40 do século passado. Dessa associação são exploradas as vantagens de cada um dos materiais, isto é, da madeira tem-se uma resistência natural à tração, na direção paralela às fibras, consideravelmente superior em relação à resistência do concreto, o qual requer armadura de aço para absorver tal esforço. (SORIANO, 2001)

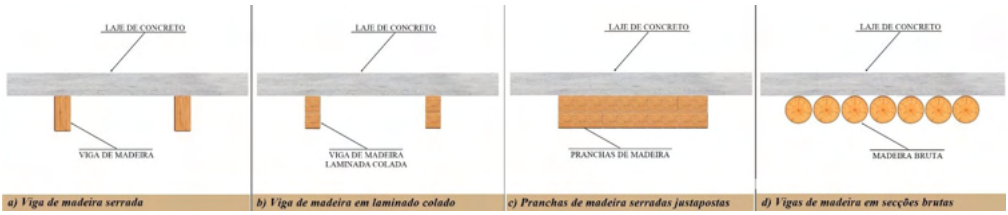


FIGURA 1 - Detalhe de seções mistas em concreto/madeira

FONTE: Adaptado de SORIANO e MASCIA (1999).

Já, o concreto, propicia a proteção da madeira contra a umidade e agressão mecânica, bem como permite reduzir o deslocamento vertical da estrutura, uma vez que o produto de rigidez efetivo da seção é diretamente proporcional aos respectivos módulos de deformação longitudinal. O concreto deve preferencialmente estar localizado na região onde predominam os esforços de compressão, embora grande parte das dicotiledôneas usuais apresentem, na direção paralela às fibras, resistências à compressão superiores às dos concretos comumente empregados (~25 MPa). (SORIANO, 2001).

Apesar das primeiras sugestões de uso de seções mistas em concreto/madeira serem bem remotas, 1933, como descreve PINCUS (1969), conforme citado por SORIANO (2001), o número de publicações científicas a seu respeito é bem menor, quando comparada a outras combinações de elementos, como, por exemplo, concreto/aço.

Essas estruturas em forma de vigas ou painéis são adequadas às diversas modalidades de construções, por exemplo: residências, comércios e escolas. São indicadas por TEVANOVIC (1996), CECCOTTI (1995) e CAPRETTI & CECCOTTI (1996), conforme citado por SORIANO (2001) em restaurações de pisos e forros de construções antigas.

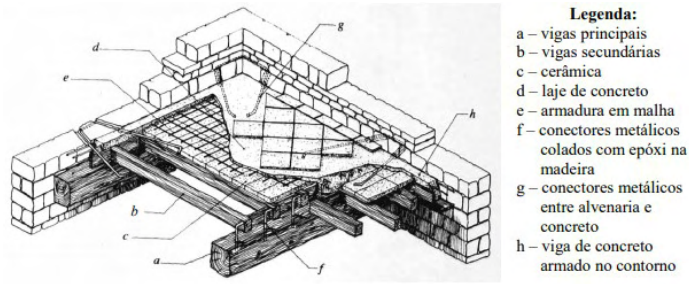


FIGURA 2 - Aplicação de estrutura mista em concreto/madeira

FONTE: MIOTTO (2009)

2.3 Sistemas de conexão

O sistema de ligação entre os elementos de concreto e madeira é muito importante

por diversos fatores. No trabalho por GIRHAMMAR & GOPU (1993) o sistema de ligação é apresentado como um fator importante para impedir o desprendimento vertical entre as peças conectadas.

O sistema de conexão é muito importante, pois o atrito de contato entre os dois materiais, concreto e madeira, não é suficiente para que haja a transferência dos esforços longitudinais, como a força de cisalhamento, sendo assim, o método de conexão pode desempenhar esta função.

O sistema de ligação caracteriza o comportamento da estrutura mista, podendo ser classificado como rígidos ou flexíveis (*Semirrígido).* Segundo GIRHAMMAR & GOPU (1993) a conexão rígida pode ser obtida com o uso de adesivo epóxi ao longo da superfície de contato entre a madeira e o concreto, estabelecendo assim uma ligação eficiente. Segundo SORIANO (2001), a aplicação da ligação utilizando adesivo tem sido utilizada apenas como caráter de pesquisa, pois ao alcançar o regime de ruptura a estrutura irá apresentar ruína sem aviso prévio.

Segundo FORTI (2004), o sistema de conexão semirrígida pode ser realizado através de pinos de aço, parafusos, cavilhas, pregos e perfis metálicos, como cantoneiras. A eficiência desse sistema está relacionada ao tipo de conector empregado. A ligação semirrígida apresenta uma união parcial da seção, havendo deslizamento relativo entre os dois materiais e por esse motivo apresentam flechas adicionais oriundas da deformação dos conectores, conforme ilustra a Figura 3. Por esse motivo é de grande importância considerar a sua rigidez efetiva, especialmente quando o sistema de conectores é do tipo flexível.

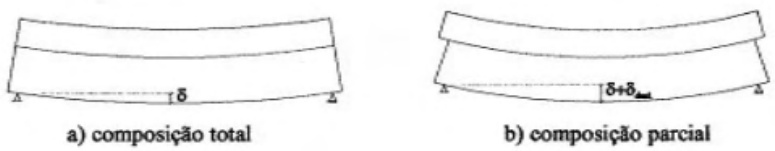


FIGURA 3: Deslocamentos verticais de uma viga mista.

FONTE: FORTI, (2004).

No estudo realizado por CECCOTTI (1995), conforme citado por FORTI (2004), verificou-se a variação da inércia efetiva, fazendo uma comparação dos deslocamentos verticais em estruturas mistas fletidas fazendo uso de diversos conectores.

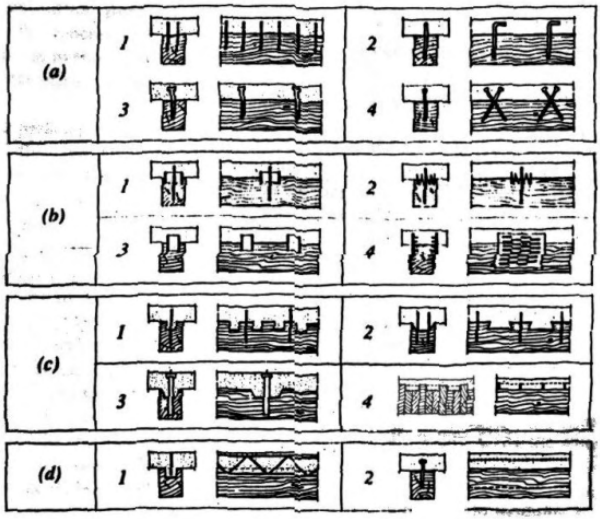


FIGURA 4: Sistemas de conexão.

FONTE: FORTI (2004).

Os sistemas de conexão foram subdivididos em quatro grupos:

(a) Pinos metálicos ou de madeira: 1- pregos ou cavilhas; 2- barras de aços colados; 3- parafusos auto-atarrachante e barras de aço; 4- parafusos em “x”;

(b) conectores como anéis, tubos de aço e placas dentadas: 1- anéis inteiros ou bipartidos; 2- anéis dentados; 3- tarugos de aço ou madeira; 4-chapas estampadas;

(c) entalhes com barras de aço: 1- entalhes redondos; 2- entalhes prismáticos; 3- entalhe cônicos com pinos protendidos; 4- pranchas com alturas alternadas e conectores metálicos;

(d) treliça ou chapa de aço colada na superfície da madeira.

Para os sistemas de ligação do grupo “a” da Figura 4, que representa a forma mais flexível das ligações estudadas, obteve-se uma redução de aproximadamente 50% do produto de inércia teórico. Já no caso do grupo “d” o produto de inércia efetivo resultou próximo ao teórico.

Dentre os diversos tipos de conectores vistos na Figura 4, os pregos apresentam-se como um sistema de fácil instalação e em geral são industrializados com aço de maior resistência, como prevê a Norma Brasileira NBR 7190/1997 – Projeto de estruturas de madeira, que prescreve que os pregos com a finalidades estruturais devem ser feitos de aço com resistência característica de escoamento maior ou igual a 600 Mpa, enquanto que parafusos estruturais, por exemplo, que possuem diâmetros maiores, deve ter resistência característica de escoamento de pelo menos 240 Mpa. Por esse motivo opta-se pela utilização de pregos mesmo possuindo diâmetros menores.

A utilização de conectores certamente origina forças de tração lateral, e perpendiculares à linha da conexão na mesa das estruturas mistas, podendo ocasionar o fendilhamento da laje e consequentemente, é esperada a redução das interações e da resistência de cisalhamento. Em OEHLERS (1989), conforme citado por SORIANO (2001), são apresentados três modos de fissuração em lajes, causados pela força concentrada aplicada por um conector, sendo elas: fissuras de fendilhamento que acompanham paralelamente a direção longitudinal dos conectores; fissuras de corte que aparecem na direção perpendicular ao alinhamento dos conectores e fissuras inclinadas de fendilhamento, conforme ilustrado na Figura 5.

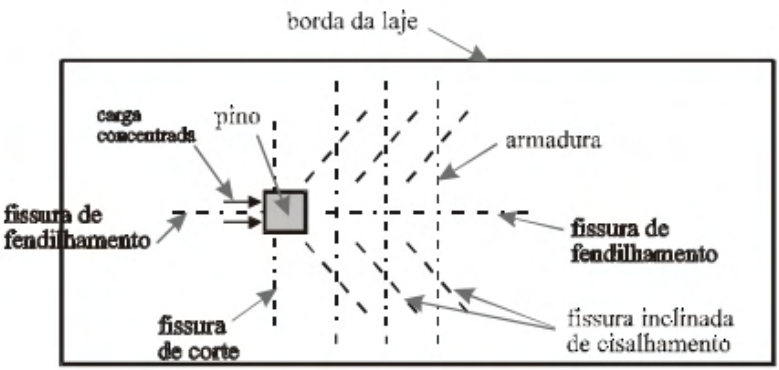


FIGURA 5: Fissuras de tração induzidas por força concentrada no concreto.

FONTE: SORIANO (2001)

3 I METODOLOGIA

As etapas desta pesquisa compreendem uma revisão bibliográfica de artigos científicos, revistas técnicas, livros e textos normativos nacionais e internacionais relacionados com o projeto de estruturas de concreto/madeira com foco no projeto de elementos fletidos (vigas). Posteriormente, foi realizado um exemplo de dimensionamento de uma estrutura mista de concreto/madeira, seguindo como base a revisão bibliográfica apresentada.

3.1 Métodos de dimensionamento

Neste trabalho é utilizado um fluxograma, baseado na NBR 7190/1997 e o EUROCODE 5(2004) que apresenta os processos de cálculo de uma viga de concreto/madeira, que serão brevemente descritas a seguir.

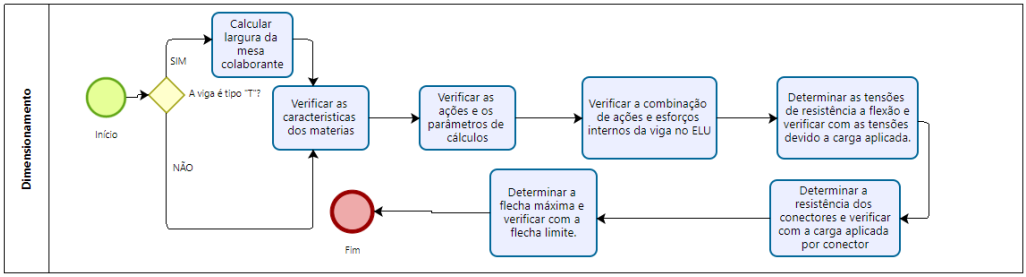


Figura 6 – Fluxograma ilustrando as etapas de dimensionamento de uma viga de concreto/madeira.

Fonte: Os autores.

3.2 Parâmetros de dimensionamento

3.2.1 Módulo de deslizamento de uma ligação mecânica

O EUROCODE 5 (2004), em sua parte 2, orienta que para o cálculo de rigidez das ligações concreto/madeira realizadas com elementos de ligação tipo pinos, na ausência de dados experimentais, os valores de rigidez poderiam ser tomados 100% maiores do que para as correspondentes juntas entre madeira/madeira. Com base nestas informações, foi elaborada a TAB. 1, que apresenta as equações para o cálculo do módulo de deslizamento k_{ser}, para elementos tipo pino considerando a união de materiais com densidades diferentes. São admitidos elementos de ligação do tipo barras, parafusos, pregos com ranhuras anelares e pregos com ranhuras helicoidais.

ELEMENTOS	EUROCODE 5, PARTE 2
Barras, parafusos, e pregos (com pré-furação).	$\rho_k{}^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{10}$ (1.0)
Pregos (sem pré-furação).	$\rho_k{}^{1,5} \cdot \frac{d^{0,8}}{12,5}$ (2.0)

TABELA 1: Valores de *Kser* para elementos tipo pino (N/mm)

FONTE: Adaptado de OLIVEIRA (2002).

Considera-se que p_k seja o valor característico da densidade equivalente, em kg/m³, tal que, $\rho_k = \sqrt{\rho_{k1} \cdot \rho_{k2}}$ (3.0), para p_{k1} = valor característico da densidade do concreto, em kg/m³ e p_{k2} = valor característico da densidade da madeira, em kg/m³ e d = diâmetro do prego em mm.

3.2.2 Homogeneização da viga mista madeira concreto

A eficiência do elemento misto de concreto/madeira está associada à união entre os

dois materiais, para isso, tão importante quanto o sistema de ligação escolhido, é o processo de homogeneização do elemento misto de concreto/madeira. A etapa de homogeneização do elemento mista concreto/madeira, pode ser realizada conforme a EUROCODE 5 (2004), parte 1-1, e o esquema representado na figura 8, abaixo:

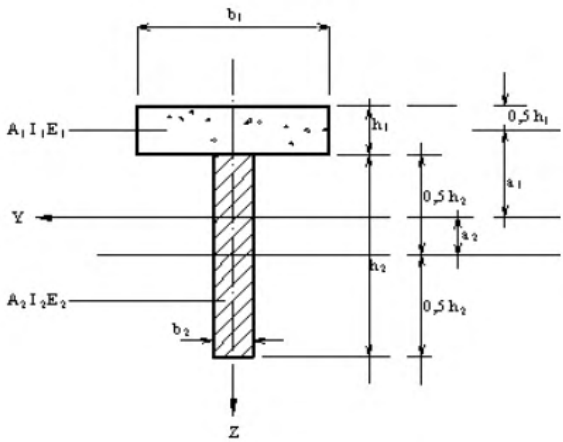


FIGURA 8: Seção transversal de viga mista concreto/madeira.

FONTE: EUROCODE 5 (2004), parte 1-1

A posição da linha neutra da seção mista será calculada a partir da posição das linhas neutras de cada elemento, modificadas pelos coeficientes γ_1 e γ_2·, que levam em consideração a rigidez dos elementos de ligação. Conforme a EUROCODE 5 (2004), γ_1 é calculado conforme a equação transcrita a seguir:

$$\gamma_1 = \left(1 + \frac{\pi^2 E_1 A_1 S_1}{kL^2}\right)^{-1} \quad (4.0)$$

Sendo, E_1 a elasticidade secante do elemento concreto, A_1 a área da mesa de concreto, S_1 é o espaçamento entre os conectores, k é o módulo de deslizamento determinado experimentalmente, e na ausência de dados experimentais, determinado pela formulação da EUROCODE 5 (2008) e L o vão teórico da viga de madeira.

De acordo com a DIN 1052 (1988) e EUROCODE 5 (2004), parte 1-1, o elemento 2 é tomado como referência. Sendo y_2=1.

A distância entre as linhas neutras da viga de madeira e a linha neutra do conjunto, será conforme a equação transcrita a seguir:

$$a_2 = \frac{E_1 A_1 \gamma_1 (h_1 + h_2)}{2(E_1 A_1 \gamma_1 + E_2 A_2 \gamma_2)} \quad (5.0)$$

Sendo h_1 a altura da mesa de concreto, h_2 a altura da viga de madeira, E_2 o módulo de elasticidade secante da madeira, determinado experimentalmente ou por meio da NBR

6118/2014 e A_2 a área da seção transversal da viga de madeira.

Segundo a EUROCODE 5(2004), a distância entre as linhas neutras da laje de concreto e a linha neutra do conjunto, será:

$$a_1 = \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} - a_2 \quad (6.0)$$

E a rigidez efetiva à flexão da viga mista será:

$$(EI)_{ef} = (E_1 I_1 + E_1 A_1 \gamma_1 a_1^2) + (E_2 I_2 + E_2 A_2 \gamma_2 a_2^2) \quad (7.0)$$

3.2.3 Cálculo de resistência a flexão da estrutura mista

Segundo SORIANO (2001) e MOREIRA (2001), a flexão na estrutura mista pode ser calculada da seguinte forma:

- Tensão de compressão na laje de concreto

$$\sigma_{c,d} = \gamma_1 \,.\, E_1 \,.\, a_1 \frac{M}{EI_{ef}} \quad (8.0)$$

- Tensão de flexão na laje de concreto

$$\sigma_{mc,d} = 0{,}5 \,.\, E_1 \,.\, h_1 \frac{M}{EI_{ef}} \quad (9.0)$$

- Tensão de tração na viga de madeira

$$\sigma_{w,d} = \gamma_2 \,.\, E_2 \,.\, a_2 \frac{M}{EI_{ef}} \quad (10.0)$$

- Tensão de flexão na viga de madeira

$$\sigma_{mw,d} = 0{,}5 \,.\, E_2 \,.\, h_2 \frac{M}{EI_{ef}} \quad (11.0)$$

Sendo M o momento fletor no ELU. SORIANO (2001) afirma que a carga máxima a ser aplicada na viga será determinada das condições de segurança, impondo-se que as solicitações de cálculo sejam menores ou iguais a resistência de cálculo.

$$S_d \leq R_d$$

- Verificação na borda superior da madeira

$$\sigma_{mw,d} - \sigma_{w,d} \leq f_{c0d} \quad (12.0)$$

- Verificação na borda inferior da madeira

$$\sigma_{mw,d} + \sigma_{w,d} \leq f_{t0d} \quad (13.0)$$

- Verificação da tensão na mesa de concreto

$$\sigma_{c,d} + \sigma_{mc,d} \leq f_{cd} \quad (14.0)$$

A tensão de cisalhamento máxima pode ser calculada na equação descrita a seguir:

$$\tau_{2,máx} = \frac{E_2 . Y^2 . V_d}{2(EI)_{ef}} \quad (15.0)$$

Sendo Y a altura do centro de gravidade da seção mista, V_d o cortante máximo no apoio e (EI)ef a rigidez efetiva da seção mista.

A tensão máxima de cisalhamento deve ser comparada com a resistência de cálculo ao cisalhamento da madeira.

$$\tau_{2,máx} \leq f_{v0,d}$$

3.2.4 Verificação dos conectores

O sistema de ligação é um importante fator a ser observado na estrutura, SORIANO (2001) afirma que deve ser verificada a capacidade de resistência dos conectores ao corte, deve ser verificado também o efeito de embutimento na madeira, bem como o efeito da compressão localizada no concreto.

As expressões seguintes foram apresentadas por CECOTTI (1995), conforme citado por MOREIRA (2001) e SORIANO (2001), com base nas indicações da norma EUROCODE 5(2008):

- PARAFUSOS (CORTE):

$$R_{1,d} \leq 0{,}8 . f_y . \frac{\pi . \emptyset^2}{4 . \gamma_m} \quad (16.0)$$

Sendo f_y a tensão de escoamento do conector, ø o diâmetro do conector e y_m o coeficiente de minoração da madeira.

- CONCRETO (COMPRESSÃO LOCALIZADA):

$$R_{1,d} \leq 0{,}23 . \emptyset^2 \sqrt{f_{ck} \frac{E_1}{\gamma_m}} \quad (17.0)$$

Sendo f_{ck} a resistência característica do concreto a compressão.

- MADEIRA (EMBUTIMENTO)

$$R_{1,d} = 1{,}5 \sqrt{2 \frac{M_{y,k}}{\gamma_m} . f_{e0d} . \emptyset} \quad (18.0)$$

Sendo f_{e0d}a resistência de cálculo ao embutimento paralelo as fibras e $M_{y,k}$ o momento de escoamento de um conector, calculado da seguinte forma:

$$M_{y,k} = 0{,}8 \,.\, f_y \,.\, \frac{\emptyset^3}{6} \quad (19.0)$$

Segundo MOREIRA (2001), a força nos conectores pode ser definida pela equação:

$$F_{1,d} = \left(\frac{\gamma_1 . E_1 . A_1 . a_1 . s \,.\, V_d}{(EI)_{ef}} \right) \quad (20.0)$$

3.2.5 Determinação das flechas

Os valores das flechas devem estar limitados de maneira a atender as condições de estado limite de utilização, deste modo, deve-se utilizar os valores limites estabelecidos conforme as normas brasileiras NBR 6118/2014 e NBR 7190/1997.

Para o cálculo das flechas, foi adotada a equação transcrita a seguir.

$$W_{máx} = \frac{5 F_d L^4}{384 (EI)_{ef}} \quad (21.0)$$

Sendo, $W_{máx}$ a flecha efetiva, F_d a combinação ultima das ações de carregamentos, L o vão efetivo, $(EI)_{ef}$ a rigidez efetiva da seção mista.

4 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para o dimensionamento da estrutura mista de concreto e madeira, foi considerada a estrutura da figura 9, sendo a mesma um pavimento de um edifício de uso residencial (sala e dormitório), cujas lajes são maciças armadas em duas direções. A viga mista V2 T foi calculada considerando mesa colaborante de concreto e seção “T”.

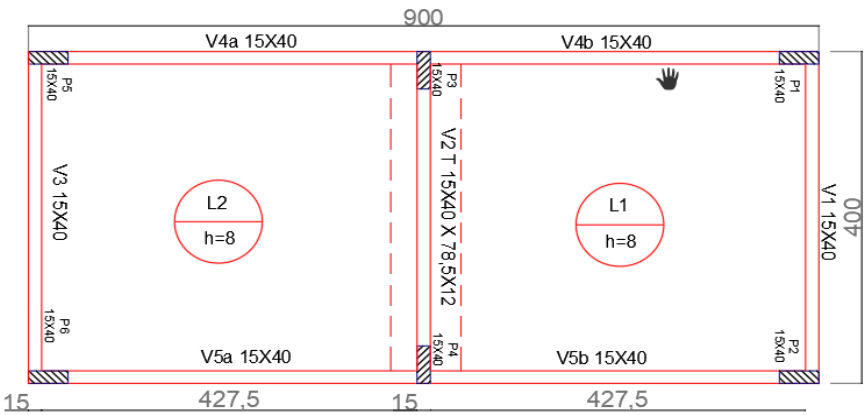


FIGURA 9: Planta de fôrma do pavimento tipo.

FONTE: Os autores.

4.1 Cálculo da mesa colaborante

Nas estruturas mistas de concreto com outros materiais considera-se a laje de concreto como um flange da viga de seção T. Para que o dimensionamento seja o mais preciso possível, é importante conhecer a parcela da laje de concreto que efetivamente trabalha como parte da viga T.

A viga V2 T, com dimensões de 15 por 40 cm, obtidas através de um pré-dimensionamento com base na NBR 7190/1997, que estima área mínima de 50 cm² e dimensão mínima de 5 cm, é composta com uma laje de concreto e a alma de madeira da classe C60 (Dicotiledônea), umidade ambiente de 75% e madeira de 1ª categoria.

A laje foi armada com malha de aço tipo CA – 50 e diâmetro nominal de 5 mm. O sistema de ligação adotado consistiu em pregos de 26x84, com uma tensão de escoamento de 600Mpa, conforme estabelecido no item 8.3.4. da NBR 7190/1997.

A viga V2 T deve ser calculada de forma isolada, de acordo com a norma NBR 6118/2014, em seu item 14.6.2.2. Sendo a mesma uma viga simplesmente apoiada, temos:

$$a = 1{,}00\ x\ l \quad (22.0)$$

$$a = 1{,}00\ x\ 385 = 385\ cm$$

O limite b_3 deve ser respeitado, sendo assim, temos:

$$b_3 = 0{,}1a \quad (23.0)$$

$$b_3 = 0{,}1\ x\ 385 = 38{,}5\ cm$$

Sendo a largura da mesa colaborante, igual a:

$$b_f = 2b_3 + b_w (24.0) = 2x38{,}5 + 15 = 92cm$$

4.2 Caracteristicas geometricas da laje de concreto

Sendo b_1=92cm=0,92m, h_1=8cm=0,08m, a área A_1=0,92.0,08=0,0736m², sendo o módulo de elasticidade calculado, para um concreto com resistência característica de 20 MPA, conforme NBR 6118/2014 em seu item 8.2.8, por meio da equação:

$$E_1 = \alpha_i . E_{ci} \quad (25.0)$$

Sendo,

$$E_{ci} = \alpha_E . 5600\sqrt{f_{ck}} \quad (26.0) \text{ e } \alpha_i = 0{,}8 + 0{,}2 . \frac{f_{ck}}{80} \quad (27.0)$$

Adotar α_E=0,9, recomendado para calcário. Portanto,

$$E_1 = \left(0{,}8 + 0{,}2 . \frac{20}{80}\right) . \left(0{,}7 . 5600 . \sqrt{20}\right) = 14.901{,}16\ MPA$$

O momento de inercia vale,

$$I_1 = \frac{bh^3}{12}(28.0) = \frac{0{,}92\ .\ 0{,}08^3}{12} = 0{,}00004\ m^4$$

4.3 Caracterização geometrica da viga de madeira

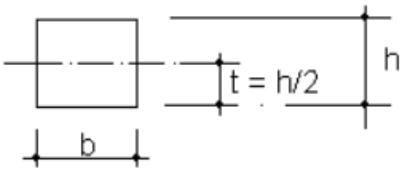


FIGURA 10: Seção da viga de madeira.

FONTE: OLIVEIRA (2002)

Sendo b_2=0,15m e h_1=0,4m, a área A.=0,15.0,40=0,06m² e t= $\frac{h}{2} = \frac{40}{2}$-20cm=0,2m, temos o momento de inércia igual a I_2= $\frac{bh^3}{12} = \frac{0{,}15\ .0{,}40^3}{12}$ =0,0008m⁴.

Sendo a madeira dicotiledônea, classe C60, serrada e de 1ª categoria, temos as seguintes características:

Dicotiledôneas (Valores na condição-padrão de referência U = 12%)					
Classes	f_{c0k} MPa	f_{vk} MPa	$E_{c0,m}$ MPa	$\rho_{bas,m}$ [1)] kg/m³	$\rho_{aparente}$ kg/m³
C 20	20	4	9 500	500	650
C 30	30	5	14 500	650	800
C 40	40	6	19 500	750	950
C 60	60	8	24 500	800	1 000

[1)] Como definida em 6.1.2.

TABELA 2 – Classes de resistência das dicotiledôneas

Fonte: NBR 7190/1997.

Conforme a NBR 7190/1997, a madeira C60 tem resistência à compressão paralela às fibras igual a,

$$f_{c0k} = 60\ MPA$$

O cálculo do coeficiente de modificação das resistências – Kmod deve ser realizado conforme NBR 7190/1997, em seu item 6.4.4.

$$k_{mod} = k_{mod1} \,.\, k_{mod2} \,.\, k_{mod3} \; (29.0)$$

Conforme a NBR 7190/1997, para o k_{mod1} devemos considerar a duração do carregamento, sendo de longa duração e madeira serrada, recomenda-se adotar k_{mod1} =0,7. No caso do k_{mod2} deve se considerar a classe de umidade, sendo assim, adotar k_{mod2}=1,0. Já para o k_{mod3} deve se observar a categoria da madeira, sendo a mesma de 1ª categoria, temos que k_{mod3} =1,0. Portanto,

$$k_{mod} = 0{,}7 \,.\, 1 \,.\, 1 = 0{,}7$$

Logo, a resistência da madeira é:

$$f_{c0d} = \frac{k_{mod} \cdot f_{c0k}}{\gamma_{wc}} \; (30.0) = 0{,}7 \,.\, \frac{60}{1{,}4} = 30 \; MPA$$

Sendo assim, podemos calcular os respectivos coeficientes, conforme NBR 7190/1997, em seu item 6.3.3, como:

$$f_{t0,k} = \frac{f_{c0,k}}{0{,}77} (31.0) = \frac{60}{0{,}77} \cong 78 \; MPa$$

$$f_{t0,d} = k_{mod} \,.\, f_{t0,k} (32.0) = 0{,}7 \,.\; 70 \;\; \cong 49 \; MPa$$

$$f_{e0d} = f_{c0d} (33.0) = 30 \; MPa$$

$$f_{v0,k} = 0{,}12 \,.\, f_{c0,k} (34.0) = 0{,}12 \,.\, 30 = 3{,}6 \; MPA$$

$$f_{v0,d} = 0{,}1 \,.\, f_{c0d} (35.0) = 0{,}1 . 30 \;\; = 3{,}0 \; MPa$$

Sendo assim, temos o módulo de elasticidade efetivo, igual a:

$$E_2 = k_{mod} \,.\, E_{c0,m} (36.0) = 0{,}7 \,.\, 24.500 = 17.150 \; MPa$$

4.4 Módulo de deslizamento da ligação

A norma europeia, EUROCODE 5 (2004) orienta que na ausência de dados experimentais, o módulo de deslizamento deve ser calculado pela equação,

$$K_{serv} = {\rho_k}^{1,5} \,.\, \frac{d^{0,8}}{12{,}5} (2.0)$$

Sendo a densidade característica do concreto igual a 2000 kgf/m³, $\rho_k = \sqrt{\rho_{k1} \cdot \rho_{k2}} (3.0) = \rho_k = \sqrt{800 \,.\; 2.000} = 1265 \; kgf/m^3$

Para a estrutura em questão, o módulo de deslizamento é,

$$K_{serv} = 1265^{1,5} \,.\, \frac{7{,}6^{0,8}}{12{,}5} = 18.233{,}78 \; N/mm$$

4.5 Homogeneização da viga mista madeira concreto

A etapa de homogeneização do elemento mista concreto/madeira, será realizada conforme a EUROCODE 5 (2004), parte 1-1, sendo:

$$\gamma_1 = \left(1 + \frac{\pi^2 E_1 A_1 S_1}{kL^2}\right)^{-1} (4.0) \cong 0{,}333$$

Sendo, S_1=espaçamento dos elementos de ligação = 0,05m;

k=k_{ser}=18.233,78 N/mm=18.233,78 KN/m.

E_1=14.901,16 $\frac{N}{mm^2}$=14.901.160 KN/m², A_1=0,0736m². L=3,85m e y_2=1.

De acordo com a DIN 1052 (1988) e EUROCODE 5 (2004), parte 1-1, o elemento 2 é tomado como referência.

A distância entre as linhas neutras da viga de madeira e a linha neutra do conjunto, será conforme a equação transcrita a seguir:

$$a_2 = \frac{E_1 A_1 \gamma_1 (h_1 + h_2)}{2(E_1 A_1 \gamma_1 + E_2 A_2 \gamma_{2)}} (5.0) = 0{,}063\ m = 6{,}3\ cm$$

Sendo,

E_2=17.150 MPa=17.150.000 KN/m² A_2=0,06m² e y_2=1.

A distância entre as linhas neutras da laje de concreto e a linha neutra do conjunto, será:

$$a_1 = \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} - a_2\ (6.0) = \frac{0{,}08}{2} + \frac{0{,}4}{2} - 0{,}063 = 0{,}177\ m = 17{,}7\ cm$$

A rigidez efetiva à flexão da viga mista será:

$$(EI)_{ef} = (E_1 I_1 + E_1 A_1 \gamma_1 a_1^2) + (E_2 I_2 + E_2 A_2 \gamma_2 a_2^2)\ (7.0)$$

$$(EI)_{ef} = 27.441{,}8\ KN/m^2$$

4.6 Esforços solicitantes e combinação das ações

A combinação das ações (Fd) deve ser feita de acordo a NBR 7190/1997, tanto para os estados limites últimos como para os estados limites de utilização. Na análise em questão, apenas será considerado o carregamento permanente nominal, $F_{g,k}$ e a carga acidental de uso e ocupação $F_{q,k}$. O $F_{g,k}$ será o somatório dos valores seguintes:

- Carregamento das lajes L1 e L2

  i) Peso próprio: h·y = 0,08m · 25KN/m3=2KN/m²;

  ii) Revestimento: 1,5 KN/m²;

  iii) Sobrecarga de utilização: (NBR 6120/2019): Uso residencial (Salas e

dormitórios): 1,5 KN/m².

Total: Carga permanente = 3 KN/m2 Carga Acidental = 1,5 KN/m²

- Esforços

As reações de apoio das lajes serão determinadas utilizando o processo simplificado das charneiras plásticas, item 14.7.6.1 da NBR 6118/2014.

Onde, para uma laje armada em duas direções, como a laje em questão, temos:

$$\lambda = \frac{Ly}{Lx}\ (37.0) = \frac{4{,}275}{4} = 1{,}068$$

Para o cálculo das reações, segundo o método das charneiras plásticas temos a equação:

$$V\ =\ v\left(\frac{p\ \cdot\ lx}{10}\right)\ (38.0)$$

Reações das lajes 1 e 2 na viga V2T devido à carga permanente:

$$G_{L2} = 4{,}17\ .\left(\frac{3\ .\ 3{,}85}{10}\right) = 4{,}82\ KN/m/m$$

Reações das lajes 1 e 2 na viga V2T devido à carga acidental:

$$Q_{L1,2} = 4{,}17\ .\left(\frac{1{,}5\ .\ 3{,}85}{10}\right) = 2{,}41\ KN/m/m$$

Sendo assim, a estrutura mista irá receber os seguintes carregamentos:

- Viga de madeira =(0,15x0,4)m2x10 KN/m3 = 0,6KN/m
- Ligações =~10% peso da viga = 0,012 KN/m
- Reação da Laje 1 =4,82 + 2,41 = 7,23 KN/m
- Reação da Laje 2 =4,82 + 2,41 = 7,23 KN/m

  Total = 15,072 KN/m
- Adicional de carga acidental =1,50 KN/m

Assim, conforme a NBR 6118/2014, temos uma combinação ultima normal igual a:

$$F_d\ =\ \gamma\ .F_{g,k} + \gamma.F_{q,k}\ (39.0)$$

$$F_d\ =\ 1{,}4\ .15{,}072 + 1{,}4\ .1{,}5 = 23{,}2\ KN/m$$

Fazendo o momento fletor máximo e o cortante máximo no ELU, temos:

$$M_d = \frac{(F_d)L^2}{8} \ (40.0)$$

$$M_{zd} = \frac{23{,}2 \,.\, 3{,}85^2}{8} \cong 43 \ KN.m$$

$$V_d = \frac{(F_d)L}{2} \ (41.0)$$

$$V_d = \frac{23{,}2 \,.\, 3{,}85}{2} = 44{,}66 \ KN$$

4.7 Verificação de tensões de compressão e flexão na madeira e no concreto

As tensões na madeira e no concreto são:

- Tensão de compressão na laje de concreto

$$\sigma_{c,d} = \gamma_1 \,.\, E_1 \,.\, a_1 \frac{M}{EI_{ef}} (8.0) = 0{,}333 \,.\, 14.901.160 \,.\, 0{,}177 \,.\, \frac{43}{27.441{,}8} = 1.376{,}24 \ KN/m^2$$

- Tensão de flexão na laje de concreto

$$\sigma_{mc,d} = 0{,}5 \,.\, E_1 \,.\, h_1 \frac{M}{EI_{ef}} (9.0) = 0{,}5 \,.\, 14.901.160 \,.\, 0{,}08 \,.\, \frac{43}{27.441{,}8} = 933{,}98 \ KN/m^2$$

- Tensão de tração na viga de madeira

$$\sigma_{w,d} = \gamma_2 \,.\, E_2 \,.\, a_2 \frac{M}{EI_{ef}} (10.0) = 1 \,.\, 17.150.000 \,.\, 0{,}063 \,.\, \frac{43}{27.441{,}8} = 1.693{,}02 KN/m^2$$

- Tensão de flexão na viga de madeira

$$\sigma_{mw,d} = 0{,}5 \,.\, E_2 \,.\, h_2 \frac{M}{EI_{ef}} (11.0) = 0{,}5 \,.\, 17.150.000 \,.0{,}4 \,.\, \frac{43}{27.441{,}8} = 5.374{,}7 \ KN/m^2$$

$$S_d \leq R_d$$

- Verificação na borda superior da madeira

$$\sigma_{mw,d} - \sigma_{w,d} \leq f_{c0d}$$

$$5{,}3747 MPa - 169302 MPa \leq 30 \ MPa$$

- Verificação na borda inferior da madeira

$$\sigma_{mw,d} + \sigma_{w,d} \leq f_{t0d}$$

$$5{,}3747 MPa + 169302 MPa \leq 49 \ MPa$$

- Verificação da tensão na mesa de concreto

$$\sigma_{c,d} + \sigma_{mc,d} \leq f_{cd}$$

$$1{,}37624\ MPa + 0{,}93398 MPa \leq \frac{20}{1{,}4} MPa$$

Portanto, a seção mista em questão satisfaz as condições de resistência exigidas.

4.8 Verificação do cisalhamento máximo

A altura do centro de gravidade da seção mista pode ser obtida da seguinte forma:

$$Y = \frac{\sum(y\,.\,A)}{\sum A}(42.0)$$

Sendo Y a altura do centro de gravidade da seção mista, y a altura do centro de gravidade dos materiais madeira e concreto e A área dos materiais madeira e concreto.

$$Y = \frac{(20\,.\,15\,.\,40) + (44\,.\,92.\,8)}{\sum A} = 33{,}2216 cm = 0{,}332216\ m$$

A tensão de cisalhamento máxima é:

$$\tau_{2,máx} = \frac{E_2\,.\,Y^2.V_d}{2(EI)_{ef}}(15.0) = \frac{17.150.000\,.\,0{,}332216^2\,.\,44{,}66}{2\,.\,27.441{,}8} = 1.540{,}22\ KN = 1{,}54022\ MPA$$

Comparando a tensão de cisalhamento máximo na estrutura com a resistência de cálculo ao cisalhamento da madeira, temos que:

$$\tau_{2,máx} \leq f_{v0,d}$$

$$1{,}54022\ MPA \leq 3{,}0\ MPA$$

Portanto, a viga satisfaz as condições estabelecidas de forma satisfatória.

4.9 Verificação dos conectores

- Parafusos (corte):

$$R_{1,d} \leq 0{,}8\,.\,f_y\,.\,\frac{\pi\,.\,\emptyset^2}{4\,.\,\gamma_m}(16.0)$$

$$R_{1,d} = 0{,}8\,.\,600\,.\,\frac{\pi\,.\,(7{,}6)^2}{4\,.\,1{,}25} = 17.420{,}00\ N = 17{,}42\ KN$$

- Concreto (Compressão localizada):

$$R_{1,d} \leq 0{,}23 \,.\, \emptyset^2 \sqrt{f_{cc} \frac{E_{cs}}{\gamma_m}} \, (17.0)$$

$$R_{1,d} = 0{,}23 \,.\, (7{,}6)^2 . \sqrt{20 \frac{14.901{,}16}{1{,}25}} = 6.486{,}72 \; N = 6{,}48672 KN$$

- Madeira (embutimento)

$$R_{1,d} = 1{,}5 \sqrt{2 \frac{M_{y,k}}{\gamma_m} . f_{e0d} \,.\, \emptyset \; (18.0)}$$

Sendo $M_{y,k}$ o momento de escoamento de um conector, calculado da seguinte forma:

$$M_{y,k} = 0{,}8 \,.\, f_y \,.\, \frac{\emptyset^3}{6} \, (19.0)$$

Logo,

$$R_{1,d} = 1{,}5 \sqrt{2 \frac{0{,}8 \,.\, 600 \,.\, \left(\frac{7{,}6^3}{6}\right)}{1{,}15} . 30 \,.\, 7{,}6} = 5597{,}45 \; N = 5{,}59745 \; KN$$

Dentre os valores obtidos tem-se que o embutimento é o fator limitante para o sistema de ligação.

$$F_{1,d} \leq R_{1,d}$$

Sendo, $F_{1,d} = \left(\frac{\gamma_1 . E_{cs} \,.\, A_1 . a_1 . s \,.\, V_d}{(EI)_{ef}}\right) (20.0) = 5{,}26 \; KN$

Logo,

$$5{,}26 \; KN \leq 5{,}59 \; KN$$

Portanto, o conector satisfaz as condições para uma ligação efetiva entre os elementos da estrutura.

4.10 Determinação das flechas e verificação em situação do estado limite de utilização

Cálculo da flecha máxima, considerando o carregamento distribuído, devido ao peso próprio da estrutura. A flecha limite para vigas, estabelecida na NBR 7190/1997 pode ser obtida pela expressão,

$$W_{lim} = \frac{L}{200} \; (43.0)$$

Sendo assim, para o exemplo em questão, o valor da flecha limite é igual a:

$$W_{lim} = \frac{3{,}85}{200} = 0{,}01925\ m = 19{,}25mm$$

Fazendo o cálculo da flecha efetiva, podemos concluir que a mesma é:

$$W_{máx} = \frac{5F_d\ L^4}{384(EI)_{ef}}(21.0) = 0{,}00242m = 2{,}42mm$$

Sendo L=3,85m e a rigidez efetiva da seção mista $(EI)_{ef}$=29.743,44 KN/m^2.

Portanto, comparando-se a flecha efetiva com a flecha limite, podemos concluir que a viga de madeira satisfaz as exigências normativas, pois:

$$W_{máx} \leq W_{lim}$$

4.11 Detalhamento da viga V2T

A viga mista satisfaz as condições exigidas pelo método proposto, sendo assim, podemos detalhar a mesma, com o uso de seus conectores, espaçados uniformemente a cada 5 cm, conforme a figura 11.

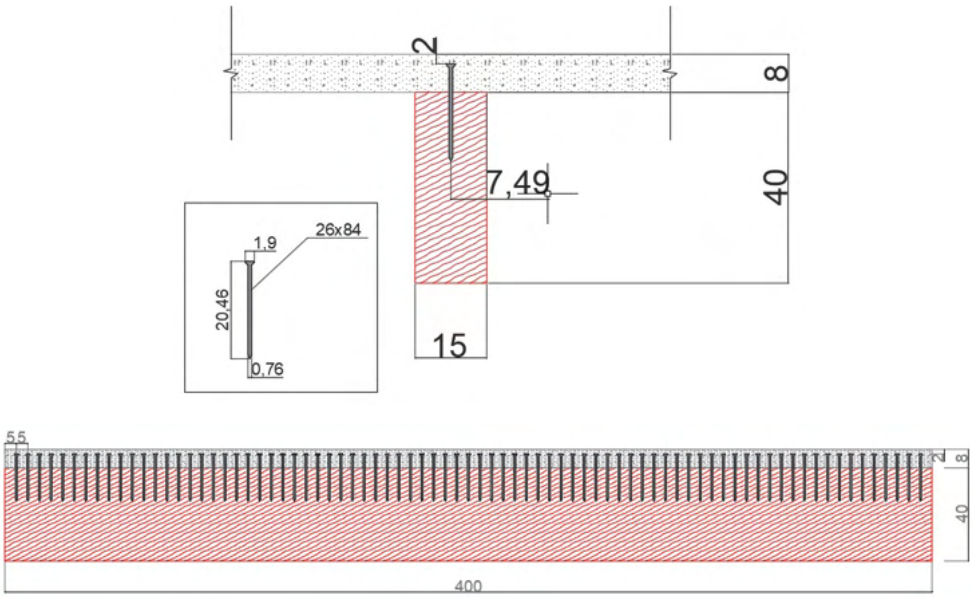


Figura 11 – Detalhe da seção transversal e longitudinal da viga mista (cotas em cm)

Fonte: Os autores

5 I CONCLUSÃO

Com base na revisão bibliográfica realizada verificou-se que os aspectos críticos do dimensionamento de um elemento misto de concreto/madeira consistem na escolha adequada do sistema de ligação e das características dos materiais. A revisão bibliográfica possibilitou conhecer a fronteira do conhecimento relativo ao estudo de vigas mistas concreto/madeira, pois analisando os critérios apresentados e existentes na literatura nacional e internacional, conclui-se que o método proposto é viável para o dimensionamento de uma estrutura mista de concreto/madeira e que o mesmo apresenta alguns aspectos semelhantes ao dimensionamento de outros tipos de estruturas, como o de estruturas mistas de aço concreto, mas com suas particularidades, sendo uma delas o sistema de conexão entre a mesa de concreto e a alma de madeira.

Os valores das flechas (deslocamentos verticais) calculados segundo o método proposto foi satisfatório em relação às normas técnicas brasileiras NBR 7190/1997 e 6118/2014, indicando que a metodologia proposta, representa, satisfatoriamente, o comportamento das vigas mistas de concreto/madeira.

Com relação ao sistema de ligação entre a mesa de concreto e a alma de madeira, observou-se que os conectores devem ser espaçados de maneira a obter-se a máxima eficiência de rigidez de cada sistema de conexão e a importância da eficiência do sistema de ligação para a obtenção do deslocamento vertical, considerando o sistema de ligação com o seu correspondente módulo de deslizamento.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 6118/2014: Projeto de estruturas de concreto – Procedimento. Rio de Janeiro. ABNT, 2014. 238 p.

_____. ABNT NBR 7190/1997: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro. ABNT, 1997. 107 p.

_____. NBR 6120/2019: Ações para o cálculo de estruturas de edificações. Rio de Janeiro. ABNT, 2019. 60 p.

DEUSTCHES INSTITUT FÜR NURMING. DIN 1052 – Structural Use of Timber-Design and construction. Berlin. 1988. 80p.

EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. (2004). ENV 1995-1-1: Eurocode 5 - Design of timber structures. Brussels. 2004. 123 p.

FORTI, Nádia Cazarim da Silva. Análise numérica de vigas mistas em concreto e madeira. **Dissertação** (Mestrado). Mestre em Engenharia Civil na área de concentração de estruturas. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2004. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/257672/1/Forti_NadiaCazarimdaSilva_M.pdf> Acesso em: 06 de maio de 2021.

GIRHAMMAR, U. A., GOPU, V. K. A. Composite beam-columns with interlayer slip-exact analysis. Journal of Structural Engineering- ASCE, New York, n. 4, v.119, p.1265-1282. Apr. 1993. 14p. Disponível em: < https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0020740308001392> Acesso em: 05 de abril de 2021.

MIOTTO, José Luiz. Estruturas mistas de madeira/concreto: Avaliação das vigas de madeira laminada colada reforçadas com fibras de vidro. **Tese** (Doutorado) – Doutor em Engenharia de Estruturas. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo. 2009. Disponível em: < https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18134/tde-15062009-094616/publico/2009DO_JoseLMiotto.pdf> Acesso em: 28 de abril de 2021.

MOREIRA, Lúcio Flávio Nunes. Dimensionamento à flexão de vigas mistas de madeira/concreto. **Dissertação** (Mestrado) – Mestre em Engenharia de Estruturas, Universidade Federal de Minas Gerais. Minas Gerais. 2001. Disponível em: < https://repositorio.ufmg.br/bitstream/1843/BUDB-8AKN5N/1/dimensionamento___flex_o_de_vigas_mistas..._l_cio_fl_vio_n._moreira.pdf> Acesso em: 20 de Maio de 2021.

SORIANO, J. , MASCIA, N. T. (2001). Estruturas mistas em concreto e madeira: Análise de vigas e painéis e aplicações na construção civil. **Tese** (doutorado) – Curso Engenharia Agrícola. São Paulo. 2001. Disponível em: < http://repositorio.unicamp.br/jspui/bitstream/REPOSIP/257646/1/Soriano_Julio_D.pdf> Acesso em: 03 de maio de 2021.

OLIVEIRA, Ana Lúcia. Contribuição para a análise de vigas mistas de madeira laminada colada e concreto (MLC/concreto). **Dissertação** (Mestrado) – Mestre em Engenharia de Estruturas, Escola de engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Minas Gerais. 2002. Disponível em: https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/FACO-5JVPV7 . Acesso em: 15 mai 2021.

CAPÍTULO 9

DESENVOLVIMENTO DE TEAR PLANO MODULAR IMPRESSO EM 3D PARA PRODUÇÃO DE TECIDOS DE PEQUENA LARGURA

Data de aceite: 01/09/2022

Matheus da Silva Rodrigues
Engenharia Têxtil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Apucarana, Paraná; Brasil

Fabia Regina Gomes Ribeiro
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana

Daniel Perdigão Lobato
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana

Liliana de Luca Xavier Augusto
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana

Leandro da Silva Pereira
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Apucarana

RESUMO: O presente trabalho teve como objetivo projetar e produzir uma miniatura de tear plano modular, sem perda dos princípios técnicos e mecânicos essenciais para produção de tecidos, em escala reduzida. Para reprodução das peças do tear foi utilizada a tecnologia de impressão 3D de código aberto do tipo fused deposition modeling (FDM). O material utilizado no desenvolvimento da pesquisa foi selecionado através da busca bibliográfica, referente ao funcionamento e montagem de teares planos, à prática e o manuseio de softwares CAD e à impressão de modelos 3D em impressora de código aberto. Ao fim do trabalho, foi possível reproduzir um modelo funcional, em ácido polilático (PLA), de uma miniatura de tear, com a funcionalidade de produção de tecidos planos de entrelaçamento tela, de pequena largura. O modelo também é adequado para utilização como material de apoio didático, com intuito de auxiliar a visualização do movimento entre as peças, que são responsáveis pela formação do tecido plano.

PALAVRAS-CHAVE: Impressora 3D, ácido polilático, software CAD, tear.

DEVELOPMENT OF A 3D PRINTED MODULAR FLAT LOOM FOR THE PRODUCTION OF SMALL WIDTH FABRICS

ABSTRACT: The present work aimed to design and produce a miniature modular flat loom, without loss of essential technical and mechanical principles for the production of fabrics on a small scale. For reproduction of the loom parts was used fused open-source 3D printing technology deposition modeling (FDM). The material used in the development of the research was selected through from the bibliographical search, referring to the operation and assembly of flat looms, to the practice and handling CAD software and the printing of 3D models on an open-source printer. At the end of the work, it was possible to reproduce a functional model, in polylactic acid (PLA), of a miniature loom, with the production functionality of flat fabric interweaving, small-width fabric. O model is also suitable for use as teaching support material, in order to help visualization of the movement between the pieces, which are

responsible for the formation of the flat fabric.
KEYWORDS: 3D printer, polylactic acid, software CAD, loom.

1 I INTRODUÇÃO

Segundo Mendes (2019), as primeiras ideias envolvendo impressão 3D surgiram por volta de 1980 em diferentes lugares do mundo, quase ao mesmo tempo. Esse início foi marcado por muita dúvida e falta de incentivo por parte de empresas e grupos de pesquisa, por esses motivos os primeiros experimentos na área foram encerrados por falta de recursos. Entretanto, em 1984, Charles Chuck Hull, conseguiu levar adiante e desenvolver seu projeto de cura de resina fotossensível. A partir desse momento, a caminhada das impressoras 3D se desenvolveu de maneira acelerada, com muitas empresas surgindo e inovando no mercado.

De acordo com Lanzotti (2015), em 2009 o primeiro modelo de impressora 3D FDM (*Fused Deposition Modeling*, ou Modelagem por Fusão e Deposição) de código aberto veio a domínio público, quando a antiga patente privada expirou. Os problemas legislativos envolvendo o uso desse equipamento começaram a surgir, uma vez que o tipo de arquivo processado por essas máquinas pode ser compartilhado na rede do mesmo modo que filmes e músicas. Por esse motivo, muito se discute, sobre direitos autorais de personagens cômicos e outros objetos com marcas, que podem ser impressos e comercializados através de impressão 3D (Lei dos Direitos autorais, 1998).

Com o desenvolvimento tecnológico desses equipamentos, cada vez mais, novos tipos de filamentos foram acrescentados à gama de possibilidades de impressão. O ácido polilático (PLA) é um dos mais importantes, e vem ganhando espaço nesse mercado crescente, visto que os polímeros biodegradáveis desempenham um importante papel como substitutos para derivados do petróleo (MADHAVAN, 2010). O polímero PLA caracteriza-se como sendo da família dos poliésteres alifáticos, apresentando caráter termoplástico, que lhe fornece uma boa processabilidade térmica, e possibilita uma excelente extrusão do filamento, além de não apresentar toxicidade para organismos vivos e ter boas propriedades mecânicas (SANTANA, 2015).

A arte de tecer é uma das mais antigas, e ela vem acompanhada de uma ferramenta que, ao longo da história, passou por incontáveis inovações e modificações, dependendo dos seus precursores (GUDRUNSDOTTER, 2015). O tear para tecidos planos possibilita entrelaçar fios de urdume, com fios de trama, e formar tecidos através do movimento de seus componentes mecânicos, abrindo e fechando a cala dos quadros de liço.

A impressão 3D de estruturas têxteis ainda é um ramo pouco explorado e cheio de possibilidades, e pode ser aplicado em todos os setores do fluxo da cadeia têxtil. Por esse motivo, o presente trabalho buscou desenvolver e produzir uma miniatura de tear plano modular, usando a tecnologia de impressão FDM, seguindo os princípios mecânicos

essenciais para produção de tecido plano de pequena largura. O objetivo principal da miniatura de tear é possibilitar um melhor entendimento do funcionamento e relações entre as peças que compõem o tear, podendo ser utilizado para fins didáticos, com impacto positivo no aprendizado sobre as tecnologias do processo de tecelagem (MELNIKOVA, 2018), e produzir tecidos planos de pequena largura.

2 I MÉTODO

Para o desenvolvimento do tear modular, foi necessário realizar uma busca de informações técnicas sobre teares mecânicos, além de decidir que o modelo de inspiração seria um tear mecânico manual artesanal, com dois quadros de liços para produzir tecidos com entrelaçamento tela. O desenvolvimento das peças começou na criação dos desenhos computacionais, usando o *software* CAD Autodesk Inventor v.2022, no qual os procedimentos para construção de cada peça foram realizados.

As peças do tear foram impressas separadamente e, posteriormente, foram montadas para formar a miniatura do equipamento. Ao todo foram impressas 2 bases, 2 paredes A, 2 paredes B, 2 paredes C, 2 quadros, 2 rolos, 4 travas, 3 tampas e 1 batedor, totalizando 20 peças. Cada peça foi salva e depois exportada em formato .stl e, em seguida, elas foram fatiadas individualmente usando *software* Cura, e salvas com o mesmo nome no formato .gcode. Uma cópia dos arquivos foi transferida para um cartão micro SD, para que as informações possam ser lidas pela impressora. Os cuidados para a primeira impressão são: inserir filamento de PLA devidamente, limpar e nivelar a mesa de impressão e aplicar o spray aderente.

O primeiro passo para montagem do tear foi encher um dos rolos com fios têxteis. Para isso, foram utilizados fios100% algodão NE 44/2 de duas cores, azul e vermelho. Foram cortadas 8 medidas de 70 cm de cada cor de fio, de forma que, um a um, eles foram amarrados no rolo, passando através dos buracos presentes no mesmo, e intercalando as cores. Todos foram enrolados no sentido horário. Por último, todas as pontas foram presas juntas com uma fita adesiva, e também fixadas no rolo, para não correr o risco de se desenrolarem durante a montagem.

O segundo passo para a montagem do tear foi unir as paredes da seguinte maneira: parede A + parede B+ parede A, e parede C + parede B + parece C. Para encaixar as paredes foi necessário conectar os pinos laterais das paredes A e C, nos encaixes das paredes B.

O terceiro passo para montagem do tear foi encaixar os rolos nos vãos das paredes A e C, e encaixar os quadros nos vãos das paredes B, tomando cuidado para que as duas paredes B fiquem no mesmo sentido. Com o sistema montado, as bases foram posicionadas e encaixadas dando fixação ao todo.

O quarto passo para montagem do tear foi encaixar as tampas nos pinos superiores

das paredes B. Em seguida, as travas foram encaixadas nos vãos laterais dos rolos.

O quinto passo para montagem do tear foi passar fio por fio do rolo de fios pelos quadros, seguindo a configuração de tela intercalando as cores. Por fim, paralelos, os fios foram passados pelo batedor e amarrados um ao lado do outro no rolo destinado a armazenar o tecido pronto.

O sexto e último passo para montagem do tear foi prender com correias as travas. Elas foram fixadas aos pinos localizados abaixo das mesmas, as correias utilizadas foram elásticos.

As peças foram projetadas para reproduzir um modelo montado de 16,5 cm de comprimento, 4 cm de largura e 9 cm de altura. Ao todo, 9 partes passaram pelo desenvolvimento, sendo elas: base, parede A, parede B, parede C, batedor, quadro, tampa, rolo e trava. Todos os componentes foram criados usando o mesmo sistema de escala, para ser possível encaixar uns nos outros através de pinos.

Usando a temperatura do bico extrusor no intervalo de 210-220ºC, mantendo a mesa de impressão entre 70-80ºC e imprimindo na velocidade de 60mm/s, foram obtidas as melhores propriedades mecânicas para os corpos de prova manufaturadas em impressora 3D de código aberto, utilizando PLA (SANTANA, 2015).

3 I RESULTADOS

Nos resultados serão apresentadas as partes impressas do tear, processo de montagem e produção do tecido de pequena largura, as Fig. 1 a 9 apresentam as peças construídas no *software* Autodesk Inventor.

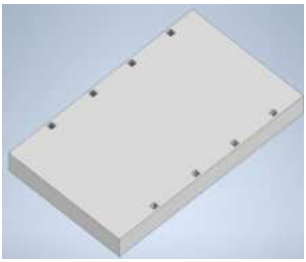


Figura 1 - Base

Fonte: Autor (2021).

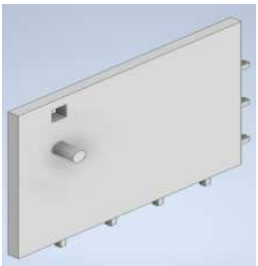


Figura 2 – Parede A

Fonte: Autor (2021).

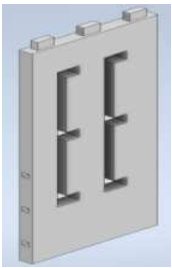


Figura 3 – Parede B

Fonte: Autor (2021).

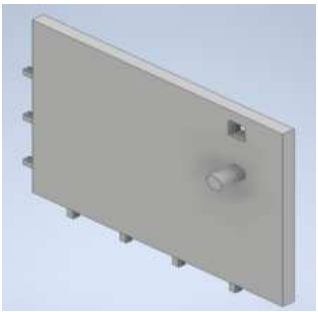


Figura 4 – Parede C

Fonte: Autor (2021).

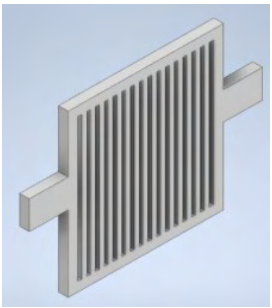


Figura 5 - Batedor

Fonte: Autor (2021).

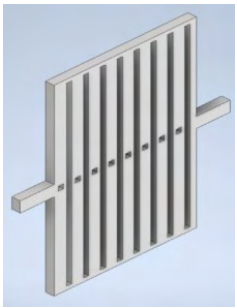


Figura 6 - Quadro

Fonte: Autor (2021).

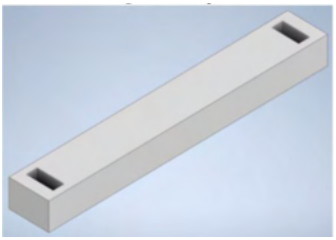


Figura 7 - Tampa

Fonte: Autor (2021).

Figura 8 - Rolo

Fonte: Autor (2021).

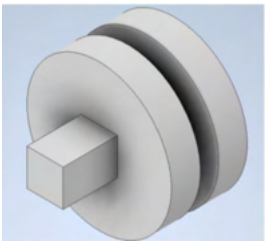


Figura 9 - Trava

Fonte: Autor (2021).

Por fim, as Fig. 10 e 11 mostram a miniatura de tear montada e com todas as peças finalizadas, com todas as necessidades técnicas que um tear deve atender para produzir tecido plano do tipo tela. As dimensões da miniatura do tear são 16,5 cm de comprimento, 4 cm de largura e 9 cm de altura, com autonomia de produzir 3,5 cm de tecido plano tipo tela, com 16 fios de urdume e inserção de trama manual.

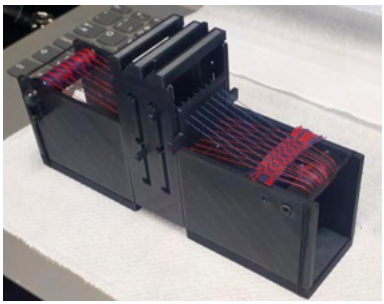


Figura 10 – Perfil miniatura de tear

Fonte: Autor (2021).

Figura 11 – Vista superior miniatura de tear

Fonte: Autor (2021).

4 | CONCLUSÃO

As expectativas levantadas no início da pesquisa foram atendidas, e foi possível desenvolver uma miniatura funcional, que atende adequadamente a função base que é servir de material de apoio didático e produção de um tecido de baixa largura.

Alem de que qualquer pessoa de posse destes desenhos e com acesso a uma impressora 3D poderia imprimir o tear modular, fazer a montagem do mesmo e produzir tecidos planos de pequena largura, que podem ser confeccionados com designs exclusivos, utilizando fios de diferentes cores e composições, para utilização em artigos de decoração ou artesanato.

REFERÊNCIAS

GUDRUNSDOTTER, Ida. **Loom**. Dissertação (Mestrado em Desenho Industrial) – Departamento de Ciência do Design, publicação. Universidade Lund, Lund, Suécia. 2018.

LANZOTTI, Antonio; GRASSO, M; STAIANO, G; MARTORELLI, M. **The impact of process parameter some mechanical properties parts fabricated in PLA with an open-source 3-D printer**. Publicação. Rapid Prototyping Journal, v. 21, n. 5, p. 604-617, 2015.

MADHAVAN, Nampoothiri K; NAIR, Nimisha Rajendran; JOHN, Rojan Pappy. **An overview of the recent developments in polylactide (PLA) research**. Publicação. Bioresource Technology, v. 101, n. 22, p. 8493-8501, 2010.

MELNIKOVA, R; EHRMANN, A; FINSTERBUSCH, K. **3D printing of textile-based structures by Fused Deposition Modelling (FDM) with different polymer materials**. Publicação. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, v. 62, 2014.

MENDES, Diogo André Pereira. **Impressão 3D de Materiais Supercondutores**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Energia Renováveis). Publicação. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, Lisboa, Portugal. 2019.

SANTANA, Leonardo. **Avaliação de uma impressora 3D baseada em projeto de código aberto na fabricação de peças em PLA**. 2015. Publicação. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Santa Cantarina, Florianópolis, Santa Catarina, 2015.

CAPÍTULO 10

FATIGUE PROPERTIES OF COMBINED FRICTION STIR AND ADHESIVELY BONDED AA6082-T6 OVERLAP JOINTS

Data de aceite: 01/09/2022

Ricardo Maciel
LAETA, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Portugal
https://orcid.org/0000-0002-7920-000X

Tiago Bento
LAETA, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Portugal

Daniel F.O. Braga
LAETA, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Portugal
https://orcid.org/0000-0002-0587- 3041

Lucas F.M. da Silva
FEUP, University of Porto
Portugal
https://orcid.org/0000-0003-3272- 4591

Pedro M.G.P. Moreira
INEGI, University of Porto
Portugal
https://orcid.org/0000-0003-3272- 4591

Virgínia Infante
LAETA, IDMEC, Instituto Superior Técnico, Universidade de Lisboa
Portugal
https://orcid.org/0000-0003-0860-2404

ABSTRACT: Even though friction stir welding (FSW) has been shown to produce high per- forming butt joints, stress concentration at the weld edges in overlap FSW sig- nificantly reduces the performance of these joints. By combining FSW and adhesive bonding into a friction stir (FS) weld bonding, joint mechanical per- formance is greatly improved. Quasistatic and fatigue strength of the proposed FS weld-bonding joints was assessed and benchmarked against overlap FSW and adhesive bonding. The characterization of the structural adhesive is also presented, including differential scanning calorimetry (DSC) and ther- mogravimetric analysis (TGA), as well as mechanical characterization with curing temperature. A small process parameter study was made to select proper FSW parameters for AA6082-T6 overlap FSW and FS weld-bonded joints. FS weld bonding achieved a significant increase in quasistatic and fatigue strength when compared with overlap FSW, with 79.9% of the fatigue strength of adhesive-bonded joints at 10^6 cycles, whereas FSW had 41.6%.

KEYWORDS: Adhesive joints, fatigue, friction stir welding, welding.

1 I INTRODUCTION

Various drivers have pushed for the development and implementation of new joining processes in lightweight metal structures. One technology that has shown significant potential is friction stir welding (FSW) given the solid-state nature of the joining process. However, when welding large shell structures such as aeronautical fuselage panels, gaps may arise between the abutting faces to join leading to significant degradation of the joint mechanical

properties when butt welding. A study on the effect of gaps in mm thick aluminium alloy AA5083-H111 butt joints showed that gaps over 0.5 mm caused significant joint efficiency reduction.[1] To mitigate this issue, precise edge milling and appropriate clamping conditions are required. This is however very challenging for very long welds and the clamping conditions affects distortion levels and residual stress. The effect of clamping forces on residual stress, distortion and generate gaps was studied on AA2198-T851 FSW, making use of a specially made clamping system capable of measur- ing both the axial clamping loads, as well as horizontal clamping loads.[2] It was found that even welds that initially had 0-mm gap when welded with low clamping forces resulted in a measurable gap at the end of the weld. Higher clamping forces not only allowed to maintain the intended gap but also resulted in lower distortion and residual stress. The presence of gaps is especially concerning in the case of load control robotic FSW. Defects such as wormholes were also found to appear even in gaps lower than 0.5 mm, but their effect on hardness or mechanical performance was only verified at gaps above this value for 3.18-mm AA6061- T6 friction stir (FS) welds.[3]

Overlap FSW can overcome this limitation, but the edge of the weld in the advancing side forms a hook like defect, which diminishes the joint strength.[4,5] Overlap FSW of 2-mm AA6082-T6 was found to achieve only a joint efficiency (joint ultimate load compared to base material ultimate tensile strength) of about 55% in quasistatic loading and 20–30% fatigue strength at 10^5 cycles.[6] To improve strength in this joint configuration, it has been proposed to use multiple pass welding.[5] By employing this method, the out-of-plane bending and peel load at these unwelded tips are reduced. This method, however, comes with disadvantages of its own. To accommodate the shoulder diameter and clamping, the overlaps must be larger, diminishing the weight savings gains. Lead time is also increased, along with tool wear, making the process less economically viable. Another way of improving the strength of overlap FSW joints is by combining it with another joining method such as adhesive bonding, resulting in FS weld bonding. This way the adhesive layer at the edges increases effective overlap and reduces peel stress at the weld edges. This method was used in magnesium-to-aluminium FS spot welded joints, resulting in increased quasistatic and fatigue strength.[7] Similarly, this method was proposed for continuous overlap joints of AA2024-T3, resulting in improved quasistatic and fatigue strength.[8] Lertora et al. studied FS weld bonding in weld-through and flow-in configuration of AA6082 aluminium alloy showing that the latter improved joint strength and joint fatigue life.[9]

This study covers hybrid overlap FSW and adhesive bonding (FS weld bonding) of an Al-Mg-Si alloy (AA6082-T6), which is a common multipurpose alloy. Characterization of the adhesive used in the study is first presented, including the effect of curing temperature in mechanical performance. This is relevant given that the adhesive in FS weld-bonded joints will not cure all at the same temperature. The degradation temperature is also measured through thermogravimetric analysis (TGA), to assess if it is below temperatures achieved during welding. FSW process parameters for FSW and FS weld-bonded joints were then

studied to find a set that results in sound quality joints. Finally, the joints were subjected to cyclic loading at $R = 0.1$ to assess the fatigue performance.

2 | EXPERIMENTAL DETAILS

2.1 Adhesive characterization

When joining large components as in the case of longitudinal fuselage joints, it may not be feasible to control curing temperature evenly, and as such, an adhesive capable of both curing at room temperature and elevated temperature is desirable. During FSW of FS weldbonded joints, the uncured adhesive will be subjected to an elevated temperature, which may locally accelerate the curing process. To assess the curing process of the chosen adhesive (Araldite 420 A/B), differential scanning calorimetry (DSC) was used. DSC analysis was performed on a Netzsch® DSC 200 F3 equipment on specimens with a mass of ≈50 mg, at a constant heating rate of 20 K min^{-1} from 21ºC to 320ºC in an atmosphere of constant flow of 20 ml min^{-1} of N_2. Tensile mechanical properties of the adhesive where assessed through bulk tensile testing at 1-mm min^{-1} crosshead speed in an Instron testing machine. The bulk tensile specimens were made with four different curing condi- tions: room temperature for 7 days, 120ºC for 1 h as indicated in the adhesive data sheet, 165ºC and 200ºC for 30 min. After curing, specimens were milled according to ASTM D638 standard.

As during the welding process, the adhesive will be subjected to high temperatures, having an adhesive with a high degradation temperature is important. TGA of the uncured epoxy adhesive was made on a Netzsch® Tg209 F3 Tarsus at 20 K min^{-1} from 21ºC to 600ºC, allowing the determination of the degradation temperature of the adhesive.

To determine shear strength and shear modulus, thick adherend shear test (TAST) and Poisson ratio measurement were made according to ASTM D5656-10 and ASTM E132-17, respectively. Two curing conditions were assessed: room temperature for 1 week and 120ºC for 1 h.

Given the complex loading case of single lap joints, with combination of peel and shear load on the adhesive, fracture toughness of the adhesive in mode I and II was assessed through double cantilever beam (DCB) specimens and end notch flexure (ENF) specimens. In both tests, specimens had the same dimensions, being composed of two steel beams with 320 × 25 × 12.7 mm bonded by a layer of 0.2-mm-thick adhesive, differing only on the loading method. Specimens used for fracture toughness assessment were cured at room temperature for 7 days, and as an approximation, it was assumed that fracture toughness remained unchanged with curing condition. However, it may be expected that some fracture toughness is lost with increasing curing temperature, and as such, the real values may be lower.[10] DCB specimens were loaded at 1-mm min^{-1} crosshead speed and the resulting load versus displacement curves were used to plot the corresponding *R* curves

using the compliance-based beam method (CBBM).[11] Following the DCB fracture tests, a 3D numerical model of the test was created in Abaqus, using the same dimensions, and loading conditions. The adhesive was modelled using cohesive zone modelling (CZM), with a single layer of 0.2-mm-thick COH3D8 elements. The quadratic nominal stress criterion was used as damage initiation criteria, and the experimentally measured mechanical properties were set as input. A trapezoidal cohesive law was used to model the adhesive, given the high strength and toughness measured. The resulting *R* curve and load versus displacement curve were compared with the experimental DCB curves as a verification of the measured fracture toughness or as an inverse parameter identification method. For mode II, ENF testing was performed at 0.2-mm min^{-1} crosshead speed. Similarly, to the DCB tests in mode I, the ENF tests were also analysed through CBBM method but in this case for mode II loading.[12] Like in the case of mode I, a 3D numerical model of the ENF test was made. The model is similar in all aspects to the DCB model, except for the loading conditions, were rigid shells were used to model the rollers of the 3-point bending apparatus.

2.2 Aluminium base material and welding condition

The alloy used in this study was the AA6082-T6. The chemical composition is show in Table 1 and the mechanical properties in Table 2.

AA6082-T6 300 × 150 × 2-mm plates were welded with a 40-mm overlap. All welding procedures were performed on a dedicated FSW ESAB® LEGIO 3UL numerical control machine. In FS weld bonding, the welding procedure was done with the adhesive in a noncured state and right after adhesive lay-up and joint closing. Calibrated metal strips with 0.2-mm thickness were strategically positioned in-between the shim plates to ensure a more uniform adhesive thickness (0.2 mm).

Prior to bonding, surfaces were degreased and sanded. In the case of adhesive-bonded joints, phosphoric acid anodization (PAA) according to ASTM D3933-98(2017) standard was used, whereas FS weld-bonded joints were subjected to chemical treatment with 3M® AC-130, which is a sol-gel anodization replacement normally intended for aeronautical repair.[14]

The FSW tool used had 5-mm-diameter cylindrical threaded pin with 3-mm length and 16-mm-diameter grooved shoulder. The FSW process parameters used are listed in Table 3. These were chosen based on literature review and past experience. Various levels of downward force were tested to assess its effect on joint performance and maximize joint strength.

2.3 Joints characterization

All joint configurations were tensile tested with three specimens each. Tensile testing was done in an Instron® 3369 machine with a 50-kN load cell at 1-mm min^{-1} crosshead speed. Three specimens of each joint configuration were tested. Joint efficiency was

calculated dividing maximum axial load by the substrate cross-section outside of the overlap as in previous works.[5,13]

Optical microscopy analysis of the joints cross-section was performed on an Olympus CK40M microscope after sanding, polishing, and etching with Keller's reagent. Microhardness measurement was then made in the same specimens on a Shimadzu HMV-2, applying a load of 0.2 HV. Measurements were made along three lines in the cross-section, at 0.5 mm from the top surface, 0.8 mm from the root surface and 1.6 mm from the root surface. The spacing between measurements along each line was0.3 mm.

An assessment of the fatigue strength of FSW, FS weld-bonded and adhesive-bonded joints was then made under constant amplitude, at a load ratio of $R = 0.1$ in an Instron 8874 machine with a 10-kN load cell, at 8 Hz. For this study, both FSW and FS weld-bonded joints were made using 450-kgf downward force during FSW. For each joint configuration, four load levels were used with three specimens per load level. The probabilistic *S-N* curves were calculated using ProFatigue software.

Mn	Fe	Mg	Si	Cu	Zn	Ti	Cr	Others (total)	Al
0.40	0.50	0.60	0.70	0.10	0.20	0.10	0.25	0.10	Balance
1.00		1.20	1.30						

TABLE 1 Chemical composition of AA6082-T6 (% mass)[26]

Density (kg m^{-3})	Vickers hardness	Ultimate tensile strength (MPa)	Yield tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
2700	95	290	250	10

TABLE 2 AA6082-T6 mechanical properties[26]

Parameter	Parameter
FSW control	Vertical force
Rotation direction	Clockwise (CW)
Plunge speed	0.1 mm s^{-1}
Dwell time	6 s
Tilt angle	0º
Welding speed	200 mm min^{-1}
Rotational speed	1000 rpm
Downward force	400/425/450/500/550 kgf

Abbreviation: FSW, friction stir welding.

TABLE 3 FSW process parameters

3 | RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Adhesive characterization

A representative curve of the DSC analysis is shown in Figure 1. According to it, most of the curing process occurs at elevated temperatures, with peek curing at ≈120ºC, even though the adhesive has the capacity to cure at room temperature as indicated by the datasheet. An endothermic event is also observed at about 200ºC in all samples tested, which is believed to be evaporation of water, after exceeding the sealing limit of the sample container (water vapour pressure at 200ºC is ≈15 Atm).

From the DSC analysis, it may be inferred that full curing does not occur at room temperature, leading the adhesive to have different mechanical behaviour with different curing conditions. Tensile testing of the bulk adhesive further confirms this assumption. The resulting stress versus strain curves for the four curing conditions are presented in Figure 2.

An increase in ultimate strength was observed with increasing curing temperature, accompanied by a reduction in elongation at break. This behaviour may be due to increased cross-linking of the polymeric chains with increasing cure temperature. The change is more significantly from room temperature to 120ºC cure condition than from 120ºC to further higher temperatures. This is consistent with the DSC analysis results were most of the curing was shown to happen around 120ºC.

The TGA resulted in the TG curves presented in Figure 3, where the onset of degradation was found to be at 357_{-3}^{+2} ºC. During FS weld bonding, temperatures in the adhesive at 16 mm from the weld bead centre were reported to be between 200ºC and 250ºC, which when combined with the microscopic analysis of the cross section leads to conclude that no significant degradation will occur during the welding procedure.[15]

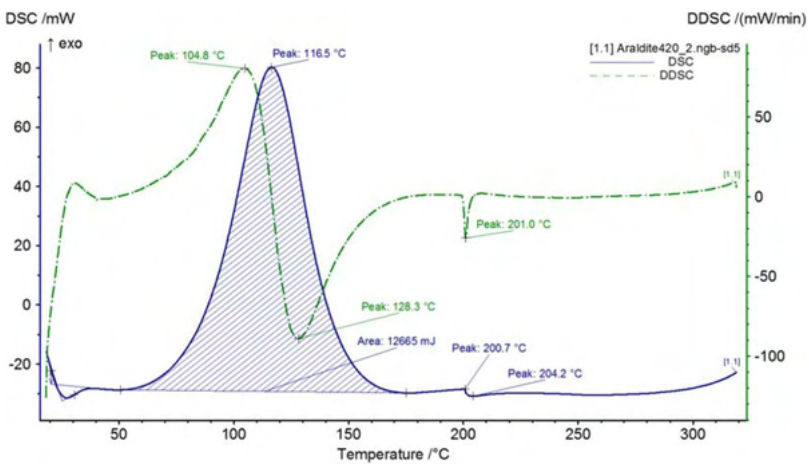


FIGURE 1 Representative curve of differential scanning calorimetry (DSC) analysis of the uncured epoxy adhesive [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

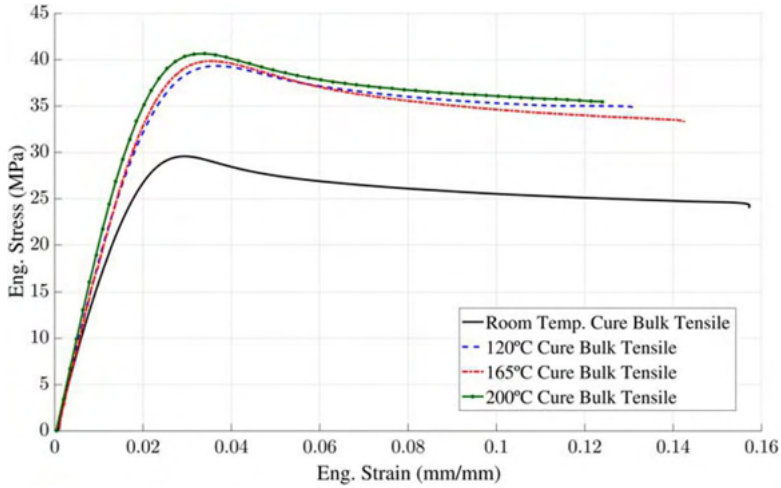


FIGURE 2 Representative Araldite 420 stress versus strain curves with curing temperature [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

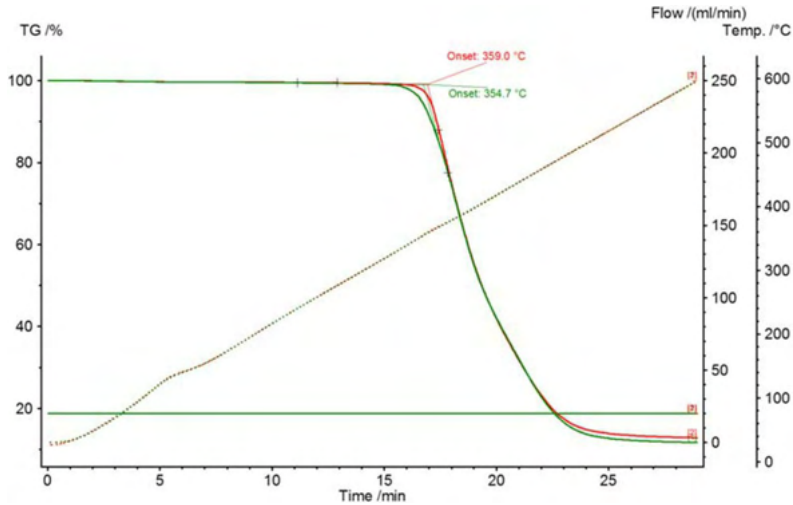


FIGURE 3 Thermogravimetric analysis (TGA) of uncured epoxy adhesive [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

Figure 4 presents a representative *R* curve regarding the mode I DCB fracture tests. The critical fracture toughness in mode I measured was 3 ± 0.37 N mm^{-1}. This value is relatively high compared with other structural adhesives[16,17] and continuous fibre reinforced composites,[18] showing that the chosen epoxy has high fracture resistance.

From the 3D numerical model of the DCB test, good agreement was achieved with the experimental results. Experimental results were obtained when performing the mode I fracture testing with the DCB specimens, recording the load directly from the load cell and the displacement with the testing machine LVDT. The load versus displacement curves showing this good agreement are shown in Figure 5.

A representative *R* curve obtained in the ENF tests is presented in Figure 6. The critical fracture toughness measured in mode II was 11.6 ± 0.3 N mm^{-1}. However, the maximum bending load was relatively high, which may have induced local plasticization, and as such, the measured mode II fracture toughness may be artificially high. A parametric study was then used to find an adequate adhesive fracture toughness in mode II, by keeping constant all other material parameters and comparing numeric and experimental loads versus displacement curves.

The Abaqus model showed that indeed 11.6 N mm^{-1} was an overestimation of the critical fracture toughness in mode II and by an iterative process that 9 N mm^{-1} resulted in better agreement with the experimental load versus displacement curves as shown in Figure 7. This value is still relatively high fracture strength when compared with adhesives reported in the literature.[19,20] There was a small difference in terms of stiffness between numerical model and experimental data, which was consistent in all numeric runs and is probably due to the experimental loading configuration. As the ENF test is performed in 3-point bending, the machine is operated in compression and the displacement values measured include all the slack within the system, whereas in the numerical model, no such limitations exist.

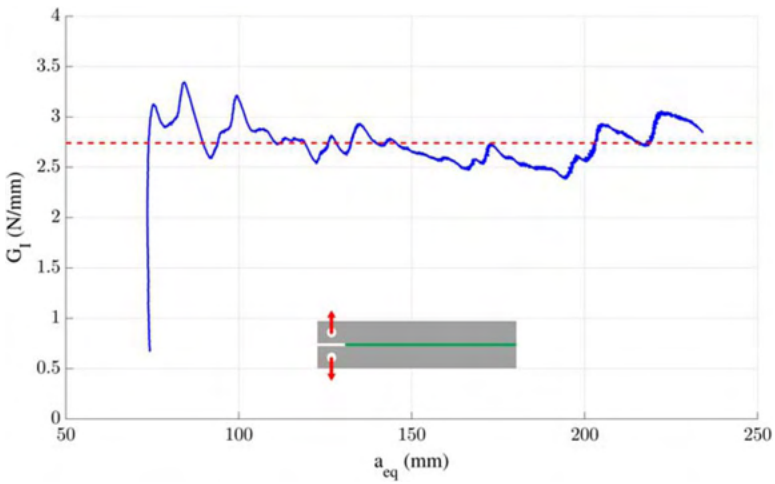


FIGURE 4 Representative adhesive *R* curve for mode I [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

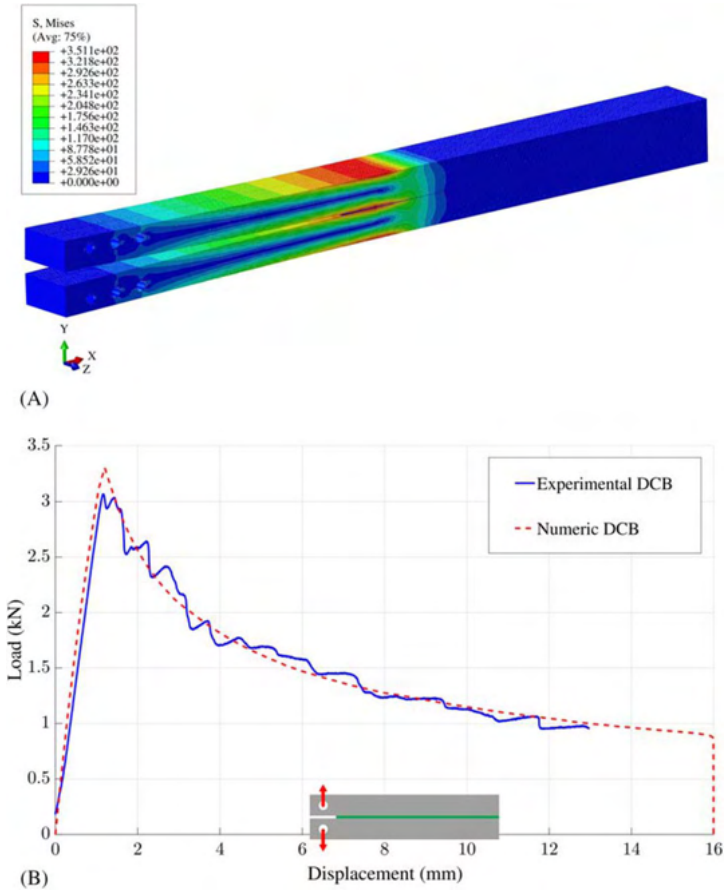


FIGURE 5 (A) von Mises stress in 3D double cantilever beam (DCB) Abaqus model at 5-mm displacement and (B) load displacement curve comparison between numeric and experimental [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

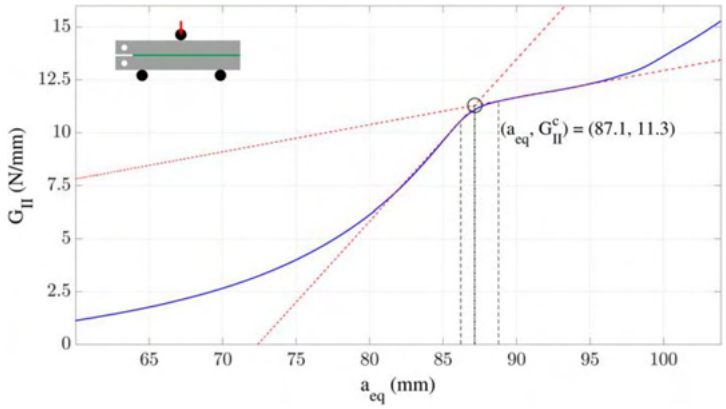


FIGURE 6 Representative adhesive *R* curve for mode II [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

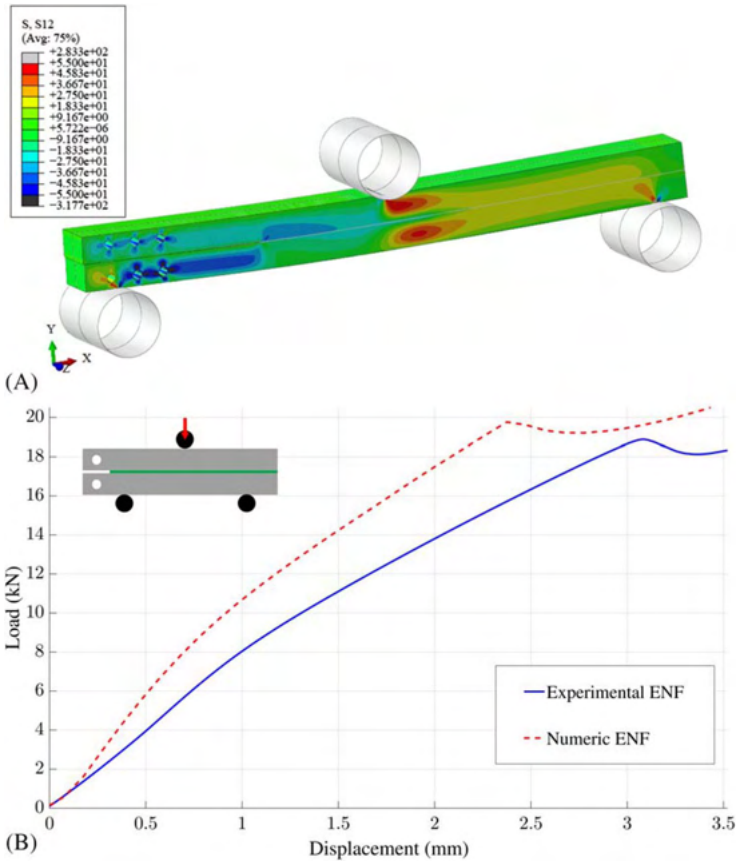


FIGURE 7 (A) Shear stress in 3D end notch flexure (ENF) Abaqus model at the onset of damage and (B) displacement curve comparison between numeric and experimental [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

The numerical modelling highlights the high mechanical strength and toughness of the adhesive chosen and serves as a tool for further modelling of more complex joint configurations. The experimental characterization of the adhesive is summarized in Table 4, with the mechanical properties of the adhesive for two curing conditions.

3.2 Joints mechanical performance

After quasistatic testing of the FSW and FS weldbonded joints manufactured with varying process parameters, an analysis was made of the effect of these process parameters in the mechanical performance. Figure 8 compares the joint efficiency of the joint configurations tested.

When comparing FS weld-bonded joints to FSW, it was possible to observe an improvement of 20–30% in most cases. When comparing the best performing FSW and FS weld-bonded joints, an improvement of more than 50% was found which is higher than reported in the literature for weld-though FS weld-bonded joints.[9] It was possible to

observe that for FSW joints, the increase in downward force results in an increase of joint strength. This may be related with higher thermal input, which leads to further softening of the work- piece. The further softening of the workpiece may result in better mixing and as such diminishing the hook defect size, as presented in Maciel et al.[21] For FS weld- bonded joints, the trend is not as clear as in FSW joints, as it increases from 400 to 450 kgf but diminishes from then on. The reasoning for this decrease may be due to high downward force leading to excessive adhesive thinning or possibly the higher temperature may lead to degradation of the surface to bond and/or the adhesive. As such, for the metallographic analysis and fatigue study, joints will not be fabricated with downward forces higher than 450 kgf. FS weld-bonded joints also showed higher dispersion in terms of joint strength than FSW, which may be due to variations in surface treatment, as the joint strength is very sensitive to the bonding strength. Figure 9 compares the highest strength FSW and FS weld-bonded joints with adhesivebonded joints.

In Figure 10, the microhardness profile and joint cross-section of the best performing FS weld-bonded joint are presented. It is possible to observe that the hook defect formed by the upward flow of material generated in the advancing side is present. The size and shape of this defect is critical to overlap FSW joint strength.[21] Along with the hook defect, it is also observable a cold lap defect on the retreating side of the weld, which is a result of the initial upward flow under shearing effect of the pin followed by a downward flow in order to fill the space at the bottom of the pin. However, these defects become less critical in FS weld-bonded joints when compared with FSW as the adhesive increases the effective joined overlap and reduces loading the weld edges.

A loss of hardness is presented in the microhardness profile, which is due to the loss of T6 condition from the temperatures reached during welding. Heat is generated due to friction between the tool and workpiece, which leads to higher temperatures in this contact surface,[22] and as such, a wider cross-section of the joint has lower hardness at the top. An increase in hardness, although not to the level of base material, is observed in the centre of the weld, especially on the top measurement (forming a typical W shape of heat-treated aluminium alloys FSW) due to the dynamic recrystallization that occurs in the stir zone.[23]

After the joints metallographic and quasistatic mechanical performance characterization, fatigue testing was conducted under constant amplitude loading. Figure 11 shows the resulting *S-N* curves including 50% and 5% probability of failure calculated using ProFatigue soft- ware.[24] A *S-N* curve regarding the AA6082-T6 base material reported in a previous work[25] was also included.

Cure condition	*E* (GPa)	*G* (MPa)	σ (MPa)	τ (MPa)	G^c_I (N mm⁻¹)	G^c_{II} (N mm⁻¹)
Room temperature for 7+ days	1.57	600	30	22.5	3	9[a]
120ºC for 1 h	1.73	665	40	28	3[b]	9[a,b]

[a]Considering the value obtained through numerical modelling of the experimental procedure.

[b]Considering the same fracture toughness than in room temperature.

TABLE 4 Araldite 420 mechanical properties

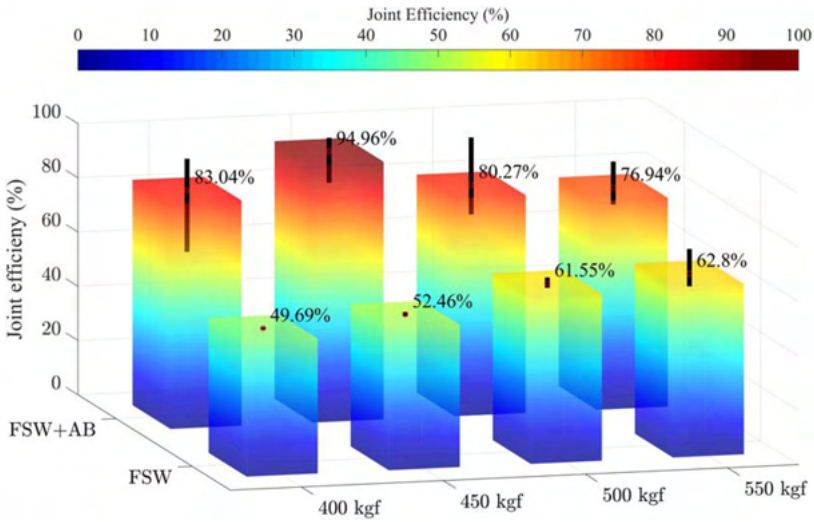


FIGURE 8 Joint efficiency of friction stir welding (FSW) and friction stir (FS) weld-bonded joints with differing downward force in the FSW tool during joining [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

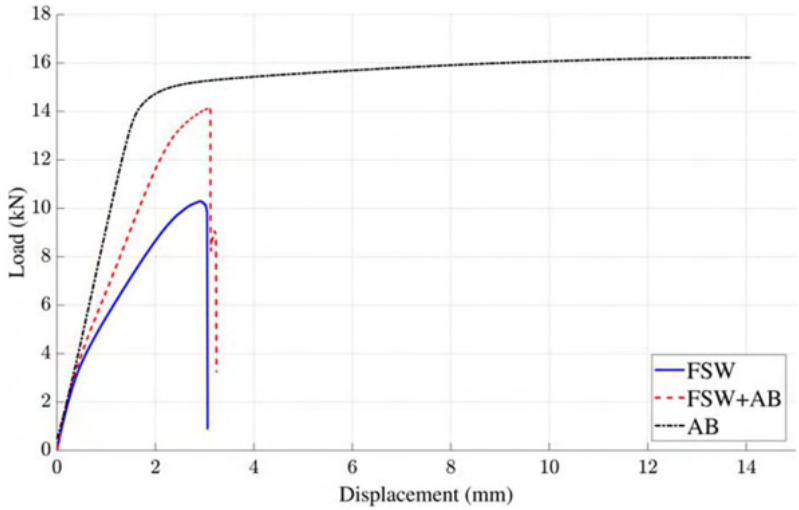


FIGURE 9 Stress versus displacement of highest strength friction stir welding (FSW) and friction stir (FS) weld-bonded joints along the adhesive bonded [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

FSW joints showed lower fatigue strength than adhesive and FS weld-bonded joints as it would be expected given the lower quasistatic strength. The FS weld bonded showed similar fatigue strength to adhesive-bonded joints. Adhesive-bonded joints still had the highest fatigue strength of all joints tested, which is to be expected given the more continuous stress distribution in these joints. At 10^6 cycles, adhesive-bonded joints have a 50% probability of failure at 56.4 MPa, whereas FS weld bonding and FSW at the same number of cycles, the 50% probability of failure is achieved at 45.1 (79.9% of adhesive-bonded joints) and 23.5 MPa (41.6% of adhesive-bonded joints). The failure modes were consistent with the quasistatic ones, with the adhesive failing in adhesive/cohesive way, the FSW failing through the hook defect and the FS weld-bonded ones failing through the adhesive layer followed by cracking through the hook.

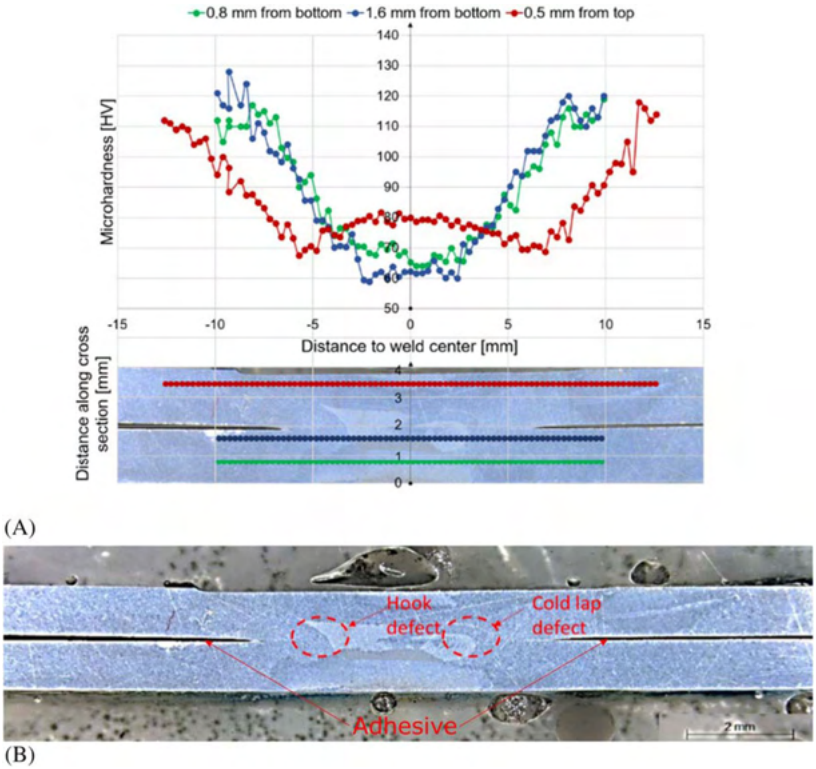


FIGURE 10 (A) Microhardness profile and (B) joint cross-section of friction stir (FS) weld-bonded joint with 450 kgf [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

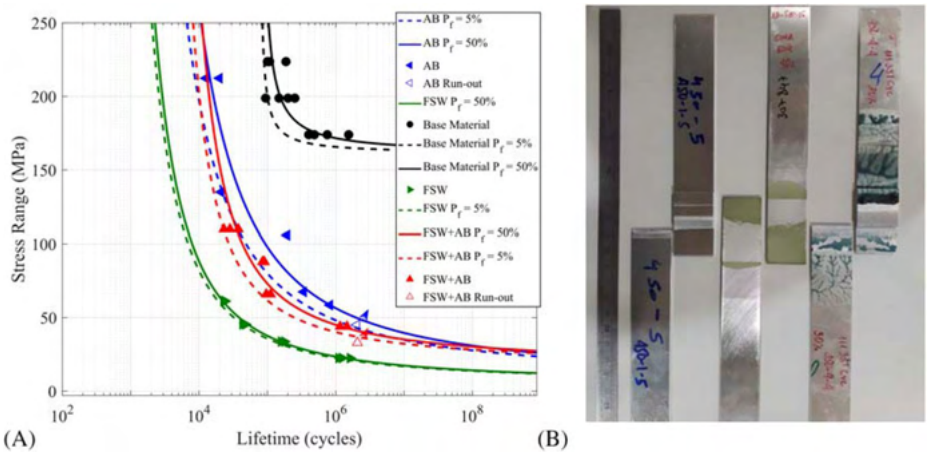


FIGURE 11 (A) *p-S-N* curves of the three joint type and (b) failure modes [Colour figure can be viewed at wileyonlinelibrary.com]

4 I CONCLUDING REMARKS

The combination of FSW and adhesive bonding into FS weld bonding was studied regarding quasistatic and fatigue performance. In order to benchmark the process, it was compared against overlap FSW and adhesive bonding.

The epoxy adhesive used was characterized taking into consideration the curing temperature, showing that even though it cures at room temperature, higher temperature curing will increase strength while reducing ductility. Degradation temperature was also found to be above reported temperatures incurred during the welding procedure.

In the joints quasistatic testing, overlap FSW showed lower strength and ductility than FS weld-bonding joints. Downward force during welding showed a significant effect in strength and ductility of FSW joints, with both increasing up to 550 kgf. The same trend was not observed in the FS weld-bonded joints, with the highest strength and ductility achieved at 450 kgf, with a joint efficiency of 94.96%. In FS weld-bonded joints, the critical weld edges were kept close by the adhesive, leading to increase mechanical performance. As such, adhesive strength and the quality of the surface treatment are more significant to joint strength than downward force during welding. Adhesive-bonded joints showed the highest strength and ductility given the relatively large overlap.

In cyclic loading at $R = 0.1$, similar trends to the quasistatic loading were observed. Adhesive bonding achieved the highest fatigue strength followed by FS weld bonding and FSW showed significantly lower fatigue strength (41.6% strength of adhesive-bonded joints at 10^6 cycles). The hook defect serves as a fatigue crack initiation location and leads to the failure of FSW joints. Adhesive joints fail in an adhesive/cohesive manner, whereas FS weld bonding fail through the adhesive immediately followed by cracking through the hook defect.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work was supported by FCT, through IDMEC, under LAETA, project UIDB/50022/2020. Funding provided from NORTE-01-0145-FEDER-000022 SciTech—Science and Technology for Competitive and Sustain- able Industries is acknowledged. The authors acknowl- edge the funding provided by Fundaç~ao para Ciência e a Tecnologia (FCT) project PTDC/EME-EME/29340/ 2017—DisFri.

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Ricardo Maciel and Tiago Bento produced and tested the FSW and FS weld-bonding joints. Daniel F.O. Braga produced and tested the adhesive joints, performed the adhesive characterization tests, was involved in the conception and design of the study and wrote the manuscript. Lucas F.M. da Silva was involved in the conception and design of the study, analysed and interpreted data regarding adhesive characterization and testing and revised the manuscript. Pedro M.G.P. Moreira was involved in the conception and design of the study, analysed and interpreted data regarding FSW and FS weld-bonding joints and revised the manuscript. Virgínia Infante was involved in the conception and design of the study, analysed and interpreted data regarding fatigue testing and revised the manuscript.

AUTHORSHIP STATEMENT

All persons who meet authorship criteria are listed as authors, and all authors certify that they have participated sufficiently in the work to take public responsibility for the content, including participation in the concept, design, analysis, writing or revision of the manuscript. Furthermore, each author certifies that this material or similar material has not been and will not be submitted to or published in any other publication before its appearance in the *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures* journal.

FUNDING INFORMATION

SciTech—Science and Technology for Competitive and Sustainable Industries, Grant/ Award Number: NORTE-01-0145-FEDER-000022; Fundaç~ao para Ciência e a Tecnologia (FCT), Grant/ Award Numbers: PTDC/EME- EME/29340/2017, UIDB/50022/2020

REFERENCES

1. Shultz EF, Cole EG, Smith CB, Zinn MR, Ferrier NJ, Pfefferkorn FE. Effect of compliance and travel angle on fric- tion stir welding with gaps. *J Manuf Sci Eng.* 2010;132(4): 041010–041019.

2. Richter-Trummer V, Suzano E, Beltr~ao M, Roos A, dos Santos JF, de Castro PMST. Influence of the FSW clamping force on the final distortion and residual stress field. *Mater Sci Eng A.* 2012;538:81-88.

3. Wanjara P, Monsarrat B, Larose S. Gap tolerance allowance and robotic operational window for friction stir butt welding of AA6061. *J Mater Process Technol*. 2013;213(4):631-640.

4. Fersini D, Pirondi A. Fatigue behaviour of Al2024-T3 friction stir welded lap joints. *Eng Fract Mech*. 2007;74(4):468-480.

5. Papadopoulos M, Tavares S, Pacchione M, Pantelakis S. Mechanical behaviour of AA 2024 friction stir overlap welds. *Int J Struct Integr*. 2013;4(1):108-120.

6. Ericsson M, Jin L-Z, Sandström R. Fatigue properties of friction stir overlap welds. *Int J Fatigue*. 2007;29(1):57-68.

7. Chowdhury SH, Chen DL, Bhole SD, Cao X, Wanjara P. Lap shear strength and fatigue behavior of friction stir spot welded dissimilar magnesium-to-aluminum joints with adhesive. *Mater Sci Eng A*. 2013;562:53-60.

8. Braga DFO, Maciel R, Bergmann L, et al. Fatigue performance of hybrid overlap friction stir welding and adhesive bonding of an Al-Mg-Cu alloy. *Fatigue Fract Eng Mater Struct*. 2019;42(6): 1262-1270.

9. Lertora E, Mandolfino C, Pizzorni M, Gambaro C. Influence of adhesive in FSW: investigation on fatigue behavior of welded, weld-bonded, and adhesive-bonded joints in aluminum AA 6082 T6. *Materials*. 2019;12(8):1242–1253.

10. Incerti D, Wang T, Carolan D, Fergusson A. Curing rate effects on the toughness of epoxy polymers. *Polymer*. 2018;159: 116-123.

11. de Moura MFSF, Dourado N. Mode I fracture characterization of wood using the TDCB test. *Theor Appl Fract Mech*. 2018;94: 40-45.

12. de Moura MFSF, Silva MAL, de Morais AB, Morais JJL. Equiv- alent crack based mode II fracture characterization of wood. *Eng Fract Mech*. 2006;73(8):978-993.

13. Infante V, Braga DFO, Duarte F, Moreira PMG, de Freitas M, de Castro PMST. Study of the fatigue behaviour of dissimilar aluminium joints produced by friction stir welding. *Interna- tional Journal of Fatigue*. 2016;82:310-316.

14. McCray D, Smith J, Mazza J, Storage K. Evaluation of adhesive bond primers for repair bonding of aluminum. Air Force Research Lab Wright-Patterson AFB OH Materials and Manufacturing; 2011.

15. Braga DFO. *Innovative structural joining for lightweight design.* Faculty of Engineering of the University of Porto. 2018.

16. Banea MD, Silva LD, Campilho RDSG. Effect of temperature on tensile strength and mode I fracture toughness of a high temperature epoxy adhesive. *J Adhes Sci Technol*. 2012;26(7): 939-953.

17. de Moura MFSF, Campilho RDSG, Gonçalves JPM. Crack equivalent concept applied to the fracture characterization of bonded joints under pure mode I loading. *Compos Sci Tech*. 2008;68(10):2224-2230.

18. Machado JJM, Marques EAS, Campilho R, da Silva LFM. Mode I fracture toughness of CFRP as a function of temperature and strain rate. *J Compos Mater*. 2016;51(23):3315-3326.

19. de Moura MFSF, Campilho RDSG, Gonçalves JPM. Pure mode II fracture characterization of composite bonded joints. *Int J Solid Struct*. 2009;46(6):1589-1595.

20. Azevedo JCS, Campilho RDSG, da Silva FJG, Faneco TMS, Lopes RM. Cohesive law estimation of adhesive joints in mode II condition. *Theor Appl Fract Mech*. 2015;80:143-154.

21. Maciel RL, Infante V, Braga D, Moreira P, Bento T, da Silva L. Development of hybrid friction stir welding and adhesive bond- ing single lap joints in aluminium alloys. *Fratt Integr Strutt*. 2019;13(48):269-285.

22. Aziz SB, Dewan MW, Huggett DJ, Wahab MA, Okeil AM, Warren LT. Impact of friction stir welding (FSW) process parameters on thermal modeling and heat generation of alumi- num alloy joints. *Acta Metall Sin (English Letters)*. 2016;29(9): 869-883.

23. Costa MI, Rodrigues DM, Leit~ao C. Analysis of AA 6082-T6 welds strength mismatch: stress versus hardness relationships. *Int J Adv Manuf Tech*. 2015;79(5):719-727.

24. Fernández-Canteli A, Przybilla C, Nogal M, Aenlle ML, Castillo E. ProFatigue: a software program for probabilistic assessment of experimental fatigue data sets. *Proc Eng*. 2014;74: 236-241.

25. Moreira PMGP, Richter-Trummer V, de Castro PMST. Fatigue behaviour of FS, LB and MIG welds of AA6061-T6 and AA6082-T6. Paper presented at: Multiscale Fatigue Crack Initi- ation and Propagation of Engineering Materials: Structural Integrity and Microstructural Worthiness; 2008; Dordrecht.

26. Matweb. http://www.matweb.com; 2020.

CAPÍTULO 11

MINIMIZAÇÃO DE DESLOCAMENTO DE OPERADORES POR MEIO DE AGRUPAMENTO DE FERRAMENTAIS EM ARRANJOS FÍSICOS POSICIONAIS

Data de aceite: 01/09/2022

Chin Yung Shih
Department of Production Engineering
Federal University of Technology of Paraná/ Brazil
Ponta Grossa - PR

RESUMO: O objetivo desse trabalho é desenvolver e simular um modelo computacional para estudar o desempenho em deslocamento e custo de treinamento de colaboradores que trabalham com diferentes ferramentas. O modelo é executado em três fases. A primeira é simular a situação em que não há agrupamento de ferramentas, onde cada carrinho transporta somente um tipo de ferramenta. A segunda fase consiste em determinar a melhor quantidade de tipos de ferramentas em cada carrinho que otimize o custo de treinamento. E a última fase é determinar os tipos de ferramentas a serem agrupadas e transportadas por cada carrinho que minimize o deslocamento. Analisou-se o desempenho para produtos de pequeno, médio e grande porte, formatos regulares e irregulares, e variedade de centros de trabalho. Os resultados mostram que é vantajoso realizar agrupamentos de diferentes tipos de ferramentas em carrinhos, pois além de reduzir o deslocamento, também reduz o custo de treinamento dos colaboradores. O desempenho para os produtos de formato irregular tende a sobrepujar os de formato regular. Não há evidência quanto ao aumento de custo de treinamento conforme aumenta o número de componentes a serem agregados ao produto, tanto para o de formato regular e irregular. Observa-se que a quantidade de componentes exerce influência negativa no deslocamento de pessoal em arranjos físicos posicionais.

PALAVRAS-CHAVE: Arranjo físico posicional, agrupamento de ferramentais, modelagem e simulação, carrinhos, otimização.

1 I INTRODUÇÃO

Os arranjos físicos posicionais são aquelas configurações recomendadas de planta de fábrica em que o produto é de difícil movimentação. Como não há movimentação do produto, os centros de trabalho é que devem ser posicionados em torno dele, facilitando assim o acesso dos operadores de cada centro de trabalho ao produto.

A literatura para o desenvolvimento de arranjo físico posicional é bastante precária. A grande maioria trata de discussão teórica acerca de vantagens e desvantagens, descrição das diferentes características entre os tipos existentes de arranjo físico etc.

Pode-se dizer que há um procedimento conhecido, desenvolvido por Slack et al. (1995), que auxilie os projetistas na alocação dos centros de trabalho em cada local disponível. Este é um método subjetivo, pois para usar tal procedimento, deve-se adotar uma série de ranks que pode variar conforme o julgamento e percepção de pessoa para pessoa. Nesse

procedimento não há especificamente um medidor de desempenho capaz de avaliar o desempenho de arranjo físico posicional, pois assume-se que, se os centros de trabalho estão criteriosamente alocados em torno do produto, o arranjo físico já estaria operando nas melhores condições. No entanto essa análise é bastante limitada, pois há a questão do deslocamento de colaboradores que é totalmente ignorada, principalmente quando o produto é de grande porte. Além disso, há também a utilização de carrinhos no transporte de máquinas e de ferramentas ao produto.

O objetivo deste trabalho é desenvolver e simular um modelo computacional, para definir a quantidade de ferramentas de cada centro de trabalho, em cada carrinho, que otimize o custo de treinamento de operadores; e com o auxílio de algoritmo de recozimento simulado, definir os tipos de ferramentas que devem estar em cada carrinho que minimize o deslocamento dos colaboradores.

O presente artigo é dividido em sete seções. A segunda refere-se a metodologia usada neste estudo, discutindo como foi feita a revisão bibliográfica, a base de dados usada na pesquisa, a abordagem utilizada dos artigos publicados sobre este tipo de arranjo físico. A seção 3 apresenta duas funções objetivo, usadas em momentos distintos. A primeira é para minimizar o custo de treinamento através de agrupamento de ferramental, e a segunda função objetivo é usada na seção 4, quando o objetivo é determinar o tipo de ferramenta a ser transportada por cada carrinho que minimize o deslocamento. Em seguida, a seção 5 apresenta os dados de entrada, os resultados da simulação e a discussão de resultados. A seção 6 é apresentada para testar se os resultados obtidos do modelo apresentam normalidade (distribuição normal), servindo para verificar o melhor tipo de comparação estatística a ser usada na seção 7. A comparação estatística entre “sem agrupamento” e “com agrupamento” é apresentada na seção 7. E por fim, conclusão.

2 | METODOLOGIA DE PESQUISA

A metodologia utilizada neste trabalho é do tipo bibliográfica (Fonseca, 2002), buscando analisar os artigos publicados acerca dos algoritmos desenvolvidos para o arranjo físico posicional, e do tipo experimental, porque variáveis são consideradas e os efeitos, verificados (Gil, 1999). As variáveis consideradas no modelo são peso dos carrinhos, peso de cada caixa de ferramenta, formato do produto, complexidade do produto, numero de colaboradores, número de carrinhos etc. A modelagem computacional foi o procedimento técnico escolhido para conduzir os experimentos, e os dados quantitativos a serem obtidos do modelo de simulação são custo de treinamento e deslocamento realizado pelos colaboradores.

As bases de dados utilizadas na pesquisa bibliográfica bem como a quantidade de artigos localizados podem ser vistas na Tabela 01. Nelas foram inseridas algumas das palavras chaves como “positional layout”, fixed-position layout”etc.e os resultados,no

tocante ao número de artigos recuperados, podem ser vistos a seguir:

Base de dados	Palavras–chaves usadas na busca	Número de artigos
Scielo	a) Positional layout b) Fixed position layout	a) Nenhum b) Nenhum
JSTOR	c) Positional layout, algorithms and manufacturing	c) Haviam duas páginas que listavam artigos, mas nenhum artigo era referente a este tipo de arranjo físico.
EBSCO (Research databases & Archives)	d) Positional layout	d) Nenhum
EBSCO host	e) Positional layout	e) Nenhum
Engineering Village (Ei compendex)	f) Positional layout or fixed position layout	f) Haviam três páginas que listavam artigos (ao todo foram 64 registros), mas somente três artigos eram referentes ao arranjo físico posicional: Huang et al. (2007), Qin & Huang (2010) and Guo et al. (2019)
DOAJ	g) Fixed position layout h) Positional layout	g) Nenhum registro para o título buscado. h)Nenhum registro para o título buscado..
Google and Google Scholar	i) Position layout, Fixed-position layout, fixed position layout algorithms	i) Haviam 11 artigos: Moon et al. (2018), Okpala & Chukwumuanya (2016), Saravanan & Arulkumar (2013) , D´Souza (1959), Singh(2012), Dixit & Dave (2015), Wang (2005), Hartl & Preusser (2009), Du Toit (2016), Lin & Liao (2013) and Abdel-Shafi & Soltan (1997).

Tabela 01. Base de dados e o número localizado de artigos sobre arranjo físico posicional. A busca em base de dados foi feita até 03/02/2022. Embora sejam bases bastante limitadas utilizadas neste artigo, já podemos ter uma ideia da situação em que se encontra a pesquisa nesta área.

Dos artigos pesquisados, a maioria aborda superficialmente o arranjo físico posicional sob aspecto teórico, discutindo sobre as características já conhecidas deste tipo de arranjo, as vantagens e desvantagens. Entre os trabalhos, podemos citar Okpala & Chukwumuanya (2016), Saravanan & Arulkumar (2013), D´Souza (1959), Singh (2012), Dixit & Dave (2015), Singh & Khanduja (2019), Hartl & Preusser (2009). As diferenças entre os tipos clássicos de arranjos físicos podem ser vistas em Tompkins et al. (2010).

Os artigos seguintes são aqueles que foram localizados, conforme a Tabela 01, e que apresentam alguma proposta de melhoria para o arranjo físico posicional.

Guo et al. (2019) declaram que em ambiente fabril, muitas situações inesperadas ocorrem com frequência, como quebras de maquinário, ausencia de operadores etc. Desse modo, parece ser apropriado desenvolver um meio simples e eficiente de gestão. Eles então propuseram um modo de manufatura chamado de Graduação de Sistema de Manufatura (Graduation Manufacturing System) operando sob o context de indústria 4.0.

No tocante a algoritmos, são poucos para este tipo de layout. Entre os trabalhos,

estão Huang et al. (2007). Os autores alegam que nos arranjos físicos posicionais, há intensa movimentação de ferramental, de pessoal, de máquinas já que o produto não se move. Em cada ilha de montagem geralmente há muito pouco espaço gerando-se muitas incoveniências de falta de espaço para movimentação. No trabalho desses autores então busca estudar as vantagens de se utilizar dispositivos sem fio, emissores de ondas de frequencia, que auxilie a melhor coordenar as atividades em arranjos físicos posicionais que minimize os incovenientes provocados pela falta de espaço.

De acordo com Qin & Huang (2010), não há na literatura em se tratando de programação da produção. Desse modo, os autores propuseram abordar a questão da programação da produção para uma situação em que não se considera o estoque do tipo "amortecedor". Lin & Liao (2013) desenvolveram uma pesquisa estudando a programação de lotes em dois estágios de produção, um em linha de produção e outro em arranjo físico posicional. Eles desenvolveram um modelo baseado em programação inteira-mista visando minimizar o tempo total de produção. Ao aplicar o modelo em problemas de grande porte, os autores puderam verificar que as duas heurísticas desenvolvidas para o modelo parecem ser apropriadas para serem aplicadas em problemas reais.

No estudo de Wang (2005) foi verificado que o desempenho como um todo melhora se o emprego dos operadores é do tipo móvel, ao invés de estacionados.

Abdel-Shafi & Soltan (1997) estudaram a alocação de tarefas, cujas máquinas têm a capacidade de executar as mesmas operações. O objetivo é balancear os tempos de quebras e de ociosidades de máquinas que minimize o custo total de produção. Eles propuseram uma abordagem baseada limite-inferior (lower bound) para minimizar o custo total de produção.

Moon et al. (2018) conduziram um estudo de simulação usando dados reais de uma fábrica de montagem de veículo ferroviário. O estudo apresenta uma comparação de desempenho entre uma linha de produção e um arranjo físico posicional. Alguns dos fatores considerados estão a variação da duração de cada operação, a taxa de falha de peça e o período de carência. Os autores concluíram que o arranjo físico posicional é mais robusto, por ser mais insensível a flutuações de fatores.

Du Toit (2016) conduziu um estudo de desempenho de arranjo físico posicional para a montagem de aeronaves com auxílio de modelo de simulação computacional.

Em procedimento de Slack *et al.* (1995), a alocação dos centros de trabalho em cada local disponível é analisada basicamente sob duas perspectivas: a) localização dos locais disponíveis em relação aos pontos de acesso; b) necessidade do setor de estar alocado nos pontos de acesso. Fazendo-se os devidos cálculos, pode-se então obter o arranjo físico posicional.

Pode-se perceber que a literatura sobre o arranjo físico posicional é ainda muito precária. Além desse procedimento, apresentado em Slack *et al.* (1995), não há evidência na literatura para contribuir na melhoria deste tipo de arranjo físico. Nesse sentido, este

artigo propõe abordar a questão de agrupamento e definição de tipos de ferramentas a serem transportados por cada carrinho, sendo portanto uma grande contribuição na área de arranjo físico.

3 | AS FUNÇÕES OBJETIVO DE MINIMIZAÇÃO

Para a formulação das funções objetivo, definiu-se as seguintes hipóteses:

- O espaço de cada ilha de montagem (neste trabalho será chamada de seção) é suficientemente grande para o estacionamento de qualquer quantidade de carrinhos durante a operação;
- Não há chance de o colaborador de um centro de trabalho executar operação de outro centro de trabalho;
- Qualquer colaborador do mesmo centro de trabalho é capaz, conforme o treinamento, de executar operações de montagem usando diferentes ferramentas;
- O produto, independente do número de componentes, é alcançável pela face da ilha. Neste trabalho o produto tem somente uma divisão central, seja na horizontal ou na vertical. Desse modo, se houver 10 seções no produto, por exemplo, além dessa divisão central, na perpendicular dessa divisão central haverão 4 divisões.
- Os componentes do produto sempre requerem operações de todos os centros de trabalho;
- Cada colaborador só controla um carrinho;
- Cada caixa comporta somente um tipo de ferramenta. As ferramentas de cada carrinho não necessitam ser repostas.
- As operações de transformação nos componentes são realizadas em cada centro de trabalho. Assim, as ferramentas transportadas pelos carrinhos são para realizar a montagem de componentes no produto. Pode-se também realizar alguma operação local de transformação do produto.
- Os componentes ou a matéria prima dos componentes não necessitam ser transportados ou manufaturados, pois já estão localizados na seção.
- Cada componente requisita somente um tipo de ferramenta, e somente de um centro de trabalho.
- Os componentes a serem incorporados ao produto apresentam tamanhos iguais ou aproximadamente iguais.

As funções a serem apresentadas nesta seção visam determinar a melhor quantidade de caixas de ferramentas a serem transportadas por cada carrinho, bem como determinar o tipo de ferramenta para minimizar o custo de treinamento e deslocamento dos colaboradores. Desse modo, são duas funções objetivo de minimização, independentes

entre si, usadas em momentos diferentes.

A equação (1) mostra a função objetivo que minimiza o custo de treinamento de pessoal.

$$\min\{ C \; x \sum_{i=1}^{I} f_i)\} \tag{1}$$

Sujeita a:

$$f = K \; x \; (q+1) \tag{2}$$

$$\forall q_i \geq 0 \tag{3}$$

$$\forall W_{tool} > 0 \tag{4}$$

$$\sum_{i=1}^{I} q_i \leq n_{\max} \tag{5}$$

$$0 \leq q_j, \ldots, q_{n_{\max}} \leq 1 \tag{6}$$

$$W \; x \; n_{bins} \leq C_{\max} \tag{7}$$

A variável C representa o custo base de treinamento, que varia conforme o centro de trabalho. A variável *I* representa a quantidade efetivamente formada de carrinhos. Na equação 2, a variável *f* representa um fator de correção de custo de treinamento base (que depende dos tipos de ferramentas constantes em cada carrinho), a variável *K* é uma constante e a variável *q* representa a quantidade de caixa de ferramentas por carrinho. As equações 3 e 4 representam a não negatividade da quantidade de caixa de ferramentas a serem alocadas em cada carrinho e a não negatividade de peso de cada caixa de ferramenta, respectivamente. A equação 5 estabelece que a soma da quantidade de caixa de ferramentas de todos os carrinhos usados deve ser menor que o numero máximo de tipos de ferramentas. Dependendo do tipo de produto, nem todos os tipos de ferramentas são utilizadas, tal como mostrada na equação 6, onde a variável j representa o tipo de ferramenta. Além disso, essa expressão garante que há somente uma unidade de cada tipo de ferramenta. A equação 7 garante que o peso das caixas em cada carrinho não ultrapasse a capacidade de transporte.

A segunda função objetivo (8) consiste em minimizar o deslocamento dos colaboradores.

$$min\{ \textstyle\sum_{j=1}^{n} (f_{S_L - S_M}) . (d_{S_L - S_M})\} \tag{8}$$

onde:

n representa a quantidade de carrinhos efetivamente formados, por CT

S representa seção do produto.

L representa a operação anterior

M representa a operação posterior

f≥0 representa o fluxo entre a seção S do produto, onde a operação L é executada, e a seção S onde a operação M é executada.

d representa a distância entre os centróides, da seção S_L e da seção S_M.

A construção do modelo computacional segue os seguintes passos:

1.Definir o número de centros de trabalho; 2. Definir o numero de componentes do produto, qual centro de trabalho requisitado e o tipo de ferramental requisitado de cada CT; 3. Definir o formato do produto; 4. Partilhar o produto em ilhas de montagem; 5. Calcular o centróide de cada ilha, seguido de cálculo da distância entre uma ilha e outra; Defina a posição de partida de todos os carrinhos, e a distância até cada ilha. 6. Simular o uso de apenas um carrinho transportando apenas uma caixa de ferramenta; Calcule o custo de treinamento e o deslocamento do colaborador; 7. Definir o melhor agrupamento de caixas de ferramentas em cada carrinho, que respeite a capacidade máxima deste e que resulte no menor custo de treinamento; 8. Definir o tipo de ferramental a ser transportado por cada carrinho. Para isso, construiu-se um algoritmo de recozimento simulado que minimize o deslocamento percorrido por cada carrinho.

4 I O ALGORITMO DE RECOZIMENTO SIMULADO

De acordo com Ferreira & de Queiroz (2015), entre os passos típicos de um recozimento simulado estão:

a) Solução inicial

b) Busca local através de operadores de vizinhança

c) Perturbação

Para este trabalho, o recozimento simulado foi aplicado para cada centro de trabalho e somente para determinar o tipo de ferramental a ser transportado por cada carrinho. Não foi utilizado o recozimento simulado para realizar o agrupamento para determinar a quantidade de caixas a serem transportadas por cada carrinho.

Para cada centro de trabalho:

a) De modo a obter a solução inicial, para cada carrinho, escolhe-se aleatoriamente os tipos de ferramentas. Importante observar que há somente uma caixa de cada tipo de ferramenta. Repetir o processo de seleção de ferramentas para os carrinhos remanescentes. Essa é a solução inicial. A distância percorrida por cada um dos carrinhos é feita da seguinte forma: identificar a ilha onde o componente está localizado, bem como a ferramenta requisitada; identificar o centróide dessa ilha. Realizar o deslocamento de cada carrinho para a obtenção da distância percorrida. Repetir o procedimento para os demais carrinhos. A distância obtida de todos carrinhos é, portanto, o resultado da solução inicial;

b) A busca local consiste em utilizar um operador de busca para efetuar a troca. Neste trabalho, seleciona-se aleatoriamente um par de caixas de ferramentas, que pode ser de carrinhos diferentes, ou até mesmo de mesmo carrinho. Efetua-se a troca. Essa é a nova solução, e a distância de percurso de todos os carrinhos do mesmo centro

de trabalho é o resultado da nova solução. Calcula-se Δ (que é a diferença entre a solução atual e a anterior) e define-se x, sendo este último escolhido aleatoriamente entre 0 e 1. Se Δ<=0 então a troca é mantida. A troca também é mantida caso Δ>0 e x<= $\frac{-\Delta}{Temperatura}$. A troca é desfeita se Δ>0 e x> $\frac{-\Delta}{Temperatura}$.

d) Continue as possíveis trocas até que atinja um determinado número de iterações. Após isso, fazer *Temperatura←Temperatura xβ α* e repita as trocas até que a temperatura final atinja um valor mínimo;

e) Repetir os passos a até d para todos os centros de trabalho.

5 | PARÂMETROS DE ENTRADA AO MODELO DESENVOLVIDO E RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

O modelo computacional foi desenvolvido em código Pascal e simulado em hardware de configuração Dual Core (2 CPUs), 3.1 GHz e memória 4.1 GB. Os dados de entrada usados na simulação foram: $1≤C≤$10; 10kg≤q≤50kg; $C_{máx}$=150kg; A temperatura inicial T_o=20000 e o critério de parada é a temperatura final alcançar menos que 25 (T_f≤25); β=0.8, K=0.5. O nível adotado (da árvore de produtos) é 100.

O ponto de partida de todos os carrinhos de todos os centros de trabalho é X+10 u.d. e Y+10 u.d. O número adotado de ilhas foi igual a Y. Assim, se o produto apresentar a configuração Y=100, indica que haverão 200 seções no produto, e o ponto de partida é X=110 u.d. e Y=110 u.d. A posição final dos carrinhos é onde ocorreu a última operação.

São considerados dois tipos de formatos de produto, o de formato regular e irregular. Para 1000 componentes, adotou-se a configuração de produto X=25 u.d e Y=40 u.d.; para 5000 componentes, X=50 u.d. e Y=100 u.d.; e para 10000 componentes, X=100 u.d. e Y=100 u.d. Por questões de limitação de software, optou-se por considerar que a distância entre os centróides de cada ilha é a mesma, tanto de formato regular quanto de formato irregular.

O modelo computacional é executado em três fases. A primeira é a simulação considerando 15 colaboradores por CT, cada um deles controlando um carrinho apenas, e cada carrinho transportando somente uma caixa de um tipo ferramenta. São, portanto, 15 tipos de ferramentas possíveis para cada CT. Os resultados desta fase são os que estão denominados de “sem agrupamento”, ou *no clustering*.

A segunda fase é a definição de quantidade de caixas em cada carrinho que minimize o custo de treinamento. Essa etapa é independente de deslocamento, já que o que interfere no custo de treinamento é a quantidade de caixas de ferramentas por carrinho. Uma vez que o agrupamento foi definido, a terceira fase do modelo é iniciado, determinando o tipo de ferramenta que deve estar presente em cada caixa que resulte no menor deslocamento percorrido pelos colaboradores. Foi desenvolvido um algoritmo baseado em recozimento simulado, e com 40 iterações por cada decréscimo de temperatura, os resultados obtidos são denominados de “agrupamento”, ou *clustering*.

Para a obtenção dos resultados, as variáveis de controle são: 1) formato do produto (regular ou irregular); 2) número de componentes que compõem cada produto, seja 1000, 5000 e 10000; 3) número de centros de trabalho (5, 10 e 15).

Realizou-se 30 experimentos (instâncias), sendo que cada instância corresponde a um tipo de produto. A Figura 01 mostra os resultados da simulação, cujo numero de componentes é 1000. Outros resultados, para 5000 e 10000 componentes podem ser vistos na Tabela 04 e no anexo 01.

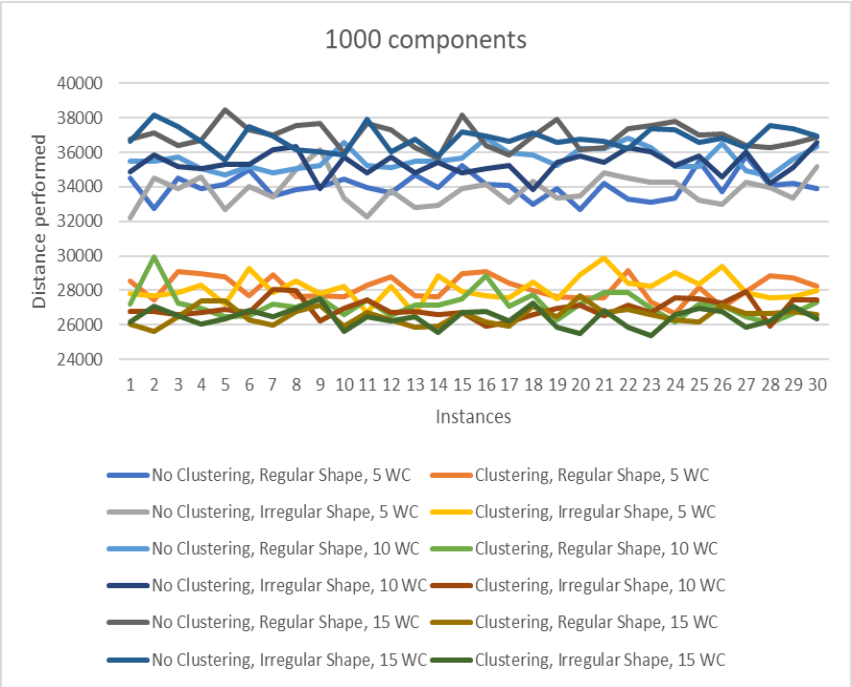
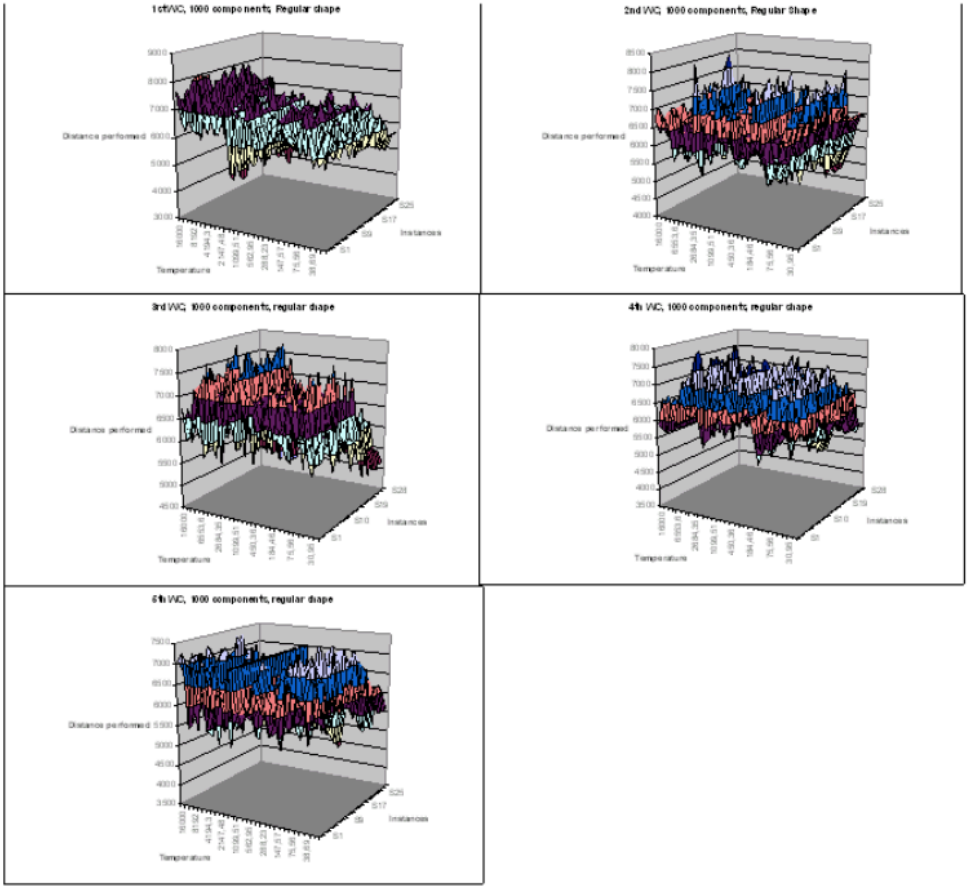


Figura 01. Resultados dos experimentos do modelo de simulação, em que WC é working center, ou centro de trabalho.

A distância representada na Figura 01 corresponde a soma das distâncias percorridas por todos os colaboradores do mesmo centro de trabalho. Observe que a redução de deslocamento é evidente ao aplicarmos o algoritmo de recozimento simulado.

A Figura 02 mostra o comportamento do recozimento simulado. Para fins de ilustração, escolheu-se que o arranjo físico tem cinco centros de trabalho operando 1000 componentes, para formatos regulares e irregulares. A temperatura inicial, conforme os dados de entrada ao modelo, é 20000, e após 40 interações, ocorre redução para 80% da última temperatura, passando a ser 16000, sucedido por 12800 e assim sucessivamente até a temperatura menor que ≤25. Como o recozimento simulado é aplicado para cada centro de trabalho, optou-se por representar a soma das distâncias percorridas por todos

os carrinhos. Portanto, era de se esperar que a distância registrada oscile para cima e para baixo. De qualquer forma, quando o algoritmo aproximar da temperatura final, a distância tende a diminuir.



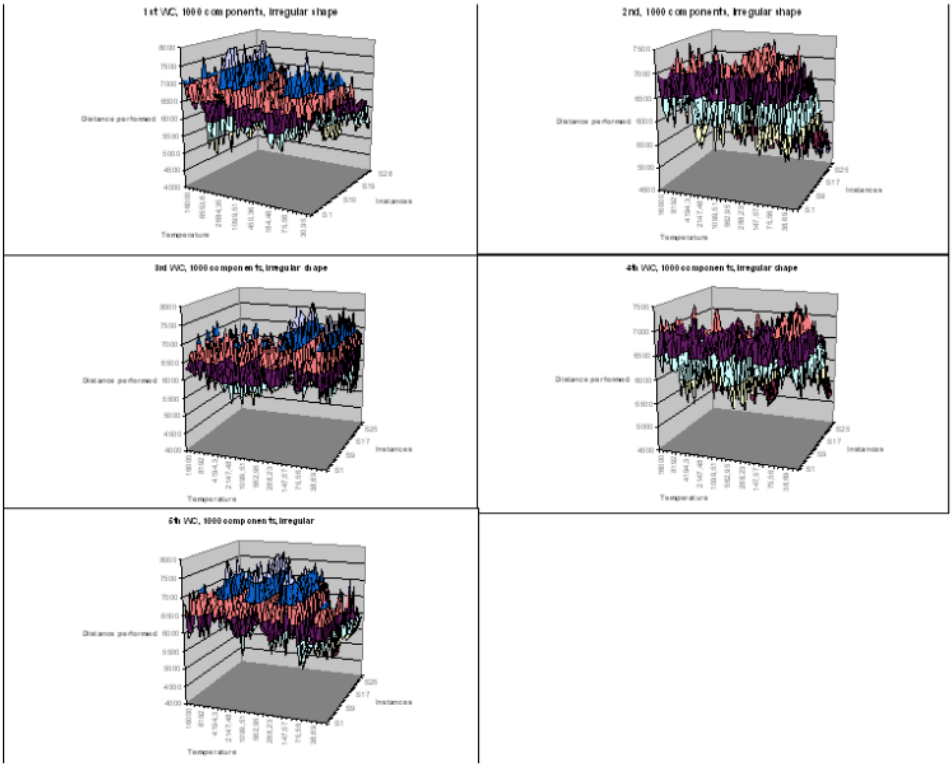


Figura 02: Evolução do algoritmo de recozimento simulado para 5 centros de trabalho, 1000 componentes e produto de formato regular e irregular.

As informações contidas nas tabelas 02 e 03 são também provenientes do modelo de simulação. Elas estão separadas em dois grupos, o primeiro referente *no clustering*, que indica que foram usados 15 carrinhos por cada CT, e cada carrinho transportando somente uma caixa de apenas um tipo de ferramenta.

O segundo grupo é referente aos resultados com o agrupamento de ferramentas nos carrinhos. Em virtude do agrupamento, o colaborador não somente trabalha com um tipo de ferramenta, que agora necessita de mais treinamento (maior custo por colaborador).

Tomemos como ilustração a Tabela 02, pois a análise desta para a Tabela 03 é a mesma. Ainda, tomemos como ilustração o primeiro centro de trabalho. Neste, o custo de treinamento para todos os 15 colaboradores foi de $60, e a distância percorrida por eles foi de 7614 u.d. A soma das distâncias dos 5 centros de trabalho envolvidos é 33477, que corresponde a apenas um ponto do gráfico *no clustering* da Figura 01 (7º instância).

O algoritmo sugere que, para o primeiro centro de trabalho, as caixas de ferramentas sejam distribuídas em 3 carrinhos, sendo o primeiro carrinho (1) transportando as caixas de ferramentas tipo {11 10 8 12 3}, o segundo carrinho (2) transportando {2 4 1 13 9}, e assim sucessivamente. Com o agrupamento das caixas de ferramentas em 3 carrinhos,

o deslocamento total para o primeiro centro de trabalho é 6532 u. d. Importante salientar que a caixa de ferramenta tipo 1, por exemplo, não é o mesmo que a ferramenta do tipo 1 de outro centro de trabalho. O mesmo se aplica a demais codificações das ferramentas. Conforme o carrinho é movimentado, operações são executadas. Por isso, a sequencia listada de ferramentas em cada carrinho não indica que elas devem ser utilizadas nessa sequencia.

A distância total obtida com o agrupamento é 28933 u.d., que corresponde a um ponto no gráfico da Figura 01, na 7º instância (curva *clustering*).

No todo, há redução de custo de treinamento por conta da redução de número necessário de colaboradores. O custo de treinamento total, que era de 435 unidades monetárias, agora passa a ser de 269 unidades monetárias.

5 CT	**Sem agrupamento**		**Recozimento simulado (Agrupamento)**			
	Custo de treinamento	**Distância percorrida**	**Custo de treinamento**	**Distância percorrida**	**Número de carrinhos**	**Ferramentas**
1º	60	7614	36	6532	3	1={11 10 8 12 3 } 2={2 4 1 13 9} 3={7 14 15 6 5}
2º	120	6441	80	4858	5	1={5 7 10} 2={6 13 11} 3={3 1 12} 4={8 2 15} 5={14 4 9}
3º	90	7603	63	6352	6	1={8 11 6} 2={9 3 12} 3={1 10 15} 4={13 7} 5={5} 6={2 14 4}
4º	150	6479	80	6442	1	1={3 14 4 15 8 11 6 7 9 5 10 13 12 2 1}
5º	15	5340	10	4749	5	1={5 12 11} 2={4 1 3} 3={7 14 15} 4={8 13 10} 5={2 9 6}
Total	**435**	**33477**	**269**	**28933**	**20**	

Tabela 02: Formato regular, 5 CT, 1000 componentes, instância 7.

5 CT	Sem agrupamento		Recozimento simulado (Agrupamento)			
	Custo de treinamento	**Distância percorrida**	**Custo de treinamento**	**Distância percorrida**	**Custo de treinamento**	**Distância percorrida**
1º	120	6682	68	5902	2	1={10 15 14 3 11 12 13 } 2={4 9 6 2 5 7 1 8}
2º	135	7281	90	5677	5	1={6 9 1} 2={14 4 13} 3={3 5 10} 4={12 8 7} 5={11 2 15}
3º	75	7025	47.50	5707	4	1={11 7 10} 2={8 13 14 6} 3={2 4 12 5} 4={9 15 3 1}
4º	90	6967	57	5742	4	1={6 15 11 8} 2={3 1 12} 3={4 9 13 10} 4={14 2 7 5}
5º	30	6601	18	5282	3	1={4 14 7 2 5} 2={8 12 13 6} 3={11 9 15 10 1 3}
Total	**450**	**34556**	**280.50**	**28310**	**18**	

Tabela 03: Formato irregular, 5 CT, 1000 componentes, instância 4.

6 I TESTE DE NORMALIDADE

Neste estudo foram utilizados dois tipos de testes estatísticos. O primeiro é o qui-quadrado para verificar se os resultados dos experimentos apresentam comportamento de uma distribuição normal. Se a distribuição normal é identificada, testes estatísticos mais eficientes podem ser usados para fins de comparação de desempenho, entre *no clustering* e *clustering*. O segundo teste é discutido mais adiante.

A Figura 03 mostra os resultados das distâncias percorridas e custos de treinamento baseado no número de observações, para arranjo físico trabalhando com 1000 componentes.

Figure 03: Observações de distância percorrida e custo de treinamento obtidas de 30 instâncias, e os testes Qui-quadrados.

Aplicando-se o teste de Qui-quadrado, pode-se observar que em ambos, a Ho foi rejeitada, indicando que a variação é significativa, isto é, os resultados não têm comportamento de distribuição normal.

Como mencionado, a simulação do modelo foi estendida para maior número de componentes. Como os resultados também não apresentam normalidade, e como o comportamento do algoritmo de recozimento simulado é similar ao apresentado na Figura 02, optou-se por registrar na Tabela 04 apenas a mediana e a amplitude (maior menos o menor). Devido ao fato de o número de instâncias ser par (30 instâncias), a mediana foi calculada selecionando-se as instâncias 15 e 16, e então calculou-se a média.

A tabela 04 mostra claramente que é vantajoso realizar agrupamentos de ferramentas diferentes em cada carrinho, pois além de diminuir o custo de treinamento, também reduz o deslocamento percorrido pelos colaboradores.

Formato do produto			5 CT			10 CT			15 CT		
			Número de componentes			Número de componentes			Número de componentes		
			1000	5000	10000	1000	5000	10000	1000	5000	10000
Regular	Sem agrupamento	Custos de treinamento	450	420	*420	817.50	815.50	802.50	1212	1290	1282.5
		Amplitude	420	345	375	555	435	540	758	690	825
		Distância percorrida (u.d.)	34007.50	393740.50	916413	35495	394593.50	918751.5	36957.50	395320	915349
		Amplitude (u.d.)	3113.00	21205.00	27250	2236	10379	23141	2764	14484	28824
	Agrupamento	Custos de treinamento	270.25	261	249.75	501	504.75	497.50	751.50	817	799.5
		Amplitude	268.50	211.50	242	358.50	274	327.50	457.50	442	491.5
		Distância percorrida (u.d.)	28089.50	364949.50	866078.50	27143	355588	845232	26593.50	346365	833778
		Amplitude (u.d.)	2485.00	21700	18302	3862	15207	25913	2079	16958	28483
Irregular	Sem agrupamento	Custos de treinamento	420	405	427.50	801	832.50	832.5	1231.50	1200	1282.5
		Amplitude	330	390	390	615	495	540	769	660	600
		Distância percorrida (u.d.)	33891.50	394095.50	913664.5	35282.50	393336.50	914888.5	36750.50	397612	916054
		Amplitude (u.d.)	3932	14500	31122	2736	11391	24518	2637	21098	30842
	Agrupamento	Custos de treinamento	259	252.75	256.50	489	520	510	753.75	758.50	790.5
		Amplitude	195	255	250	357.50	265.50	352.5	489.50	391.50	384.5
		Distância percorrida (u.d.)	27968.50	363833.50	864410.5	26802	353710.50	845767.5	26475.50	345507	828993
		Amplitude (u.d.)	3278	20490	20677	2153	16081	32518	2108	18221	31654

Tabela 04: Síntese dos resultados de 30 instâncias para todas as situações abordadas neste estudo, com registro da mediana e da amplitude.

Os resultados desta tabela mostram que os formatos dos produtos influenciam no deslocamento dos colaboradores. Importante observar que o desempenho de deslocamento para produto de formato irregular tende a sobrepujar (menor) que o de formato regular, pois as ferramentas do carrinho podem ser executas em muitas operações de uma mesma ilha

sem a necessidade de realizar o deslocamento.

Embora a redução de número de ilhas resulte na otimização de deslocamento entre as ilhas, acarretaria em aumento da distância a ser percorrida dentro da ilha. Dessa forma, não é apropriado otimizar o deslocamento de colaboradores simplesmente reduzindo o número de ilhas.

Considerando o produto de formato regular e irregular, os custos de treinamentos tendem a variar, sejam para mais ou para menos. De uma forma geral, o custo de treinamento permanece praticamente inalterado quando para formatos diferentes do produto. De fato, isto também era esperado, porque o custo de treinamento está atrelado a maneira de como se realiza o agrupamento, sem importar com o formato. No entanto, comparando os desempenhos de custo entre "agrupamento" e "sem agrupamento", a diferença é evidente.

Os resultados da Tabela 04 mostram, inclusive, que é até mesmo possível reduzir o deslocamento quando houverem mais centros de trabalho participantes, quando realizado o agrupamento. Observa-se que quanto maior o número de centros de trabalho, maior o custo de treinamento. Isso porque serão mais colaboradores participando na execução das operações dos componentes ao produto.

O aumento do número de componentes para a mesma quantidade de centros de trabalhos não tem impacto no custo de treinamento. As variações ocorridas são devido ao fato de que dependendo da instância, o produto pode não requisitar todos os tipos de ferramentas. Por isso é de se esperar que haja variação no custo de treinamento, mas não devido ao número de componentes.

Interessante notar que para a mesma quantidade de componentes, para diferentes centros de trabalho, a influência é pífia no deslocamento percorrido. Isto indica que o aumento de deslocamento está mais atrelado ao aumento número de componentes (já que ocupa mais espaço), do que ao centro de trabalho.

7 | COMPARAÇÃO ESTATÍSTICA DE DESEMPENHO (DISTÂNCIA PERCORRIDA E CUSTO DE TREINAMENTO) ENTRE "SEM AGRUPAMENTO" E "COM AGRUPAMENTO"

Como os resultados não apresentam normalidade, o segundo teste a ser utilizado deve ser do tipo não paramétrico. Este teste tem por finalidade comparar estatisticamente se a redução de deslocamento e de custo foi significativa.

De acordo com Samejima & Taddeo (data não informada) existem cinco tipos de testes não paramétricos mais utilizados. Estes testes podem ser vistos na Tabela 06. Para utilizá-los, deve-se satisfazer algumas condições:

Tipo de Teste	Condição
Correlação de Spearman	Este teste mede a relação entre duas variáveis. Basicamente avalia se uma variável aumenta, a outra aumenta (correlação positiva) ou diminui (correlação negativa) (Miot, 2018).
Teste de Wilcoxon	Para (da Silva & Bogoni, 2015), deve ser usado em amostras dependentes (mesmos elementos submetidos a duas condições diferentes, ou amostras pareadas), população com a mesma distribuição (Wilcoxon (1945).
Teste de Mann-Whitney	Regra (2010) relata que o teste deve ser usado quando as amostras forem independentes e amostras de tamanhos diferentes. O teste tem a finalidade de verificar se dois grupos pertencem a mesma população.
Teste de Kruskal-Wallis	Para Mantovani et al. (2009), este teste serve para verificar se dois grupos pertencem a mesma população. Pode ser usado para amostras de tamanhos iguais ou diferentes. É utilizado para comparar mais de três grupos.
Teste de Friedman	Para Guimarães (2014), este teste serve para verificar se dois grupos pertencem a mesma população. Ou então utilizado quando um elemento é medido mais de uma vez. De acordo com Firmino (2015), também é utilizado para comparar o mesmo grupo submetido a k condições diferentes.
Teste de sinais	Este teste é usado para amostras dependentes e a distribuição da variável deve ser contínua. Serve para comparar se há diferença nos resultados se um mesmo grupo submetido a duas condições é diferente (FGV).

Tabela 6: Tipos de testes não paramétricos.

Neste artigo, os resultados da simulação são dependentes (por se tratarem de um grupo de instâncias submetido a duas condições diferentes, “agrupamento” e “sem agrupamento”), pareados e de distribuição desconhecida. Dessa forma, o teste de sinais é o mais apropriado.

Conforme FGV (data não informada), os passos para utilizar o teste de sinais são:

- Definir hipóteses, Ho e H1, sendo o primeiro quando não há diferença significativa, e o segundo, quando a diferença é significativa;
- Definição da estatística de teste: X~Binomial (N;1/2);
- Introdução dos dados do problema: São ao todo 30 experimentos para cada situação analisada. Como não houve empate (mesma distância de deslocamento ou mesmo custo) entre “sem agrupamento” e “agrupamento”, ver Figura A.01, *N* continua sendo 30. De acordo com FGV, quando n é maior ou igual a 30, pode-se aproximar a distribuição binomial pela distribuição normal.

Sendo assim, o valor de z é:

$$z = \frac{(v \pm 0.5) - \left(\frac{N}{2}\right)}{\frac{\sqrt{N}}{2}} \approx Normality(0,1)$$

Se v<0.5n então (v+0.5), caso contrário (v-0.5)

v- corresponde ao número de vezes que o sinal menos frequente aparece.

N – tamanho da amostra descontando os empates.

No presente estudo, o sinal positivo não aparece nenhuma vez. Isso porque a diferença obtida de cada instância é sempre negativa, isto é, distância percorrida (com agrupamento) menos distância percorrida (sem agrupamento). Portanto, x=0. De acordo com os cálculos, z=2.74. Este número z também se aplica ao custo de treinamento.

- Definição do nível de significância

Adotando α=0.05, o $z_{crítico}$ da região de rejeição de Ho (para bilateral) é 1.96. Este valor calculado de z se aplica aos demais experimentos conduzidos neste estudo. Sendo z>1.96, rejeita-se Ho indicando que a redução de deslocamento percorrido bem como custo de treinamento, quando realiza-se agrupamento de caixas em carrinho, foi significativa.

8 I CONCLUSÃO

Este artigo apresenta um modelo, com aplicação de um algoritmo de recozimento simulado, para definir o tipo de ferramenta mais apropriada em cada carrinho que minimiza o custo de treinamento e distância percorrida. Portanto, o modelo desenvolvido foi capaz de auxiliar na definição da melhor configuração de ferramentas e de quantidade de carrinhos, simulando sob diversas situações. Também mostra que, embora não haja deslocamento do produto, não se pode omitir o deslocamento de colaboradores.

Os resultados mostram que o uso de colaboradores multi funcionais (capazes de manipular vários tipos de ferramentas) foi crucial para reduzir o deslocamento. Embora com o incremento de custo de treinamento ao executar várias operações com ferramentas distintas, no geral, o custo de treinamento tende a ser menor pois há redução no número de colaboradores como um todo.

O formato do produto tem forte influência sobre o deslocamento. Pelos resultados, mostra-se que o de formato irregular apresenta redução significativa nos deslocamentos que os de formato regular.

Observa-se que quanto maior o número de componentes, maior é o espaço ocupado pelo produto, aumentando assim a distância percorrida. Não há evidências de aumento de custo de treinamento para diferentes quantidades de componentes. No entanto, o aumento de centros de trabalho aumenta o custo de treinamento, e isso se deve ao fato de haver mais colaboradores participando na operação.

A modelagem e simulação foi apropriada para analisar diversos cenários, com um tempo computacional diretamente proporcional a quantidade de componentes. Isso porque o produto, ao conter mais componentes, necessita de mais cálculo de distâncias. O tempo computacional não sofre influência quanto ao aumento de número de centros de trabalho e nem com relação ao formato do produto.

REFERÊNCIAS

Abdel-Shafi, A. A. A. & Soltan, H. A. (1997) – An Approach to assembling on fixed position layout. Mansoura Engineering Journal, vol. 22, n. 02, pp. M.36-M.48.

Da Silva, P. G. & Bogoni, J. A. (2015) – Introdução à estatística básica. http://www.liaaq.ccb.ufsc.br/files/2013/10/Aula-4.pdf, accessed in 03/11/2022 (in portuguese).

D´Souza, F. X. A. (1959) – Plant layout – Its meaning and significance. The Indian Journal of Social Work, vol. 20, n. 3, pp. 173-178.

Dixit, A. & Dave, V. (2015) – An approach towards plant location and plant layout. Vol. 2, n. 6, pp. 65-68.

Du Toit, J. H. (2016) - Designing the Final assembly line concept for a Small African Regional Aircraft. University of Pretoria. https://repository.up.ac.za › *duToit_Designing_2016*, accessed in 02/27/2022.

Ferreira, K. M. & de Queiroz, T. A. (2015) – Uma abordagem de recozimento simulado com busca local para o problema integrado de localização e roteamento. XLVII SBPO, Porto de Galinhas, Pernambuco.

FGV. https://epge.fgv.br/we/Graduacao/Estatistica1/2009/2?action=AttachFile&do=get&target=teste-dos-sinais-wilcoxon-e-mann-whitney.pdf (in portuguese). Accessed in 03/02/2022.

Firmino, M. J. A. C. S. (2015) - Testes de hipóteses: uma abordagem não paramétrica. Dissertação de mestrado: Departamento de Estatística e Investigação Operacional, Universidade de Lisboa.

Fonseca, J. J. S. (2002) - Metodologia da pesquisa científica. Fortaleza: UEC. de Almeida, A. A. B. & Leite, L. B. (2016) – Manual de metodologia da pesquisa aplicada à educação, Faculdade Porto Feliz.

Gil, A. C. (1999) - Métodos e técnicas de pesquisa social. São Paulo: Atlas, 1999.

Guimarães, P. R. B. (2014) – Estatística não paramétrica. https://docs.ufpr.br/~prbg/public_html/ce050/aluno%202014%20np.pdf accesses in 03/11/2022 (in portuguese) .

Guo, D.; Lin, P.; Lyu, Z.; Ling, S.; Li, M.; Huang, G. Q. & Rong, Y. (2019) - Towards Assembly 4.0: Graduation Intelligent Manufacturing System for Fixed-position Assembly Islands. IFAC, vol. 52(13), pp. 1513-1518.

Hartl, R. F. & Preusser, M. (2009) – Modul: Layout and Design, Produktion and Logistik. https://prolog.univie.ac.at/teaching/LVAs/Layout_und_Design/SS09/Layout-Skriptum%20extended.pdf, accessed in 02/27/2022.

Huang, G. Q.; Zhang, Y. F. & Jiang, P. Y. (2007) - RFID-based wireless manufacturing for walking-worker assembly islands with fixed-position layouts. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, vol. 23, pp. 469-477.

Lin, R. & Liao, C. J. (2013) - Batch scheduling problem for a machinery factory with fixed-position layout, International Journal of Production Research, vol. 51, n. 3, pp. 910-926.

Mantovani, D. M. N.; Leite, M. F. B.; Shiraishi, G. F. & Viana, A. B. N. (2009) - Atitudes dos Alunos dos Cursos de Ciências Sociais Aplicadas em Relação à Estatística. Revista de Ciências da Administração • v. 11, n. 25, p. 36-67 (in portuguese).

Miot, H. A. (2018) – Análise de correlação em estudos clínicos e experimentais. Jornal Vascular Brasileiro, vol. 17, n. 4, pp. 275-279.

Moon, D. H.; Son, D. S.; Lee, Y. H. & Shin, Y. W. (2018) – Comparison of flow line layout and fixed-position layout in a rail vehicle assembly factory. Journal of the Korea Society for Simulation, vol. 27, n. 3, pp. 117-129.

Qin, W. & Huang, G. Q. (2010) - A two-level genetic algorithm for scheduling in assembly islands with fixed-position layouts. J Syst Sci Syst Eng (Jun 2010) 19(2): 150-161.

Okpala, C. C. & Chukwumuanya, O. (2016) – Plant layouts´analysis and design. International Journal of Advanced Engineering Technology, vol. 7, n. 3, pp. 201-206.

Regra, C. M. F. (2010) - Análise Estatística do Processo de Reconhecimento, Validação e Certificação de Competências no CNO dos CTT. Dissertação de mestrado: universidade aberta. https://repositorioaberto.uab.pt/bitstream/10400.2/1438/4/TESE.Carlos%20Regra.pdf . accesses in 03/11/2022 (in portuguese).

Samejima, K. & Taddeo, M. (not informed)- Estatística não paramétrica. https://est.ufba.br/sites/est.ufba.br/files/kim/matd49-aula01.pdf accessed in 03/11/2022 (in portuguese).

Saravanan, M. & Arulkumar, P. V. (2013) - Design and optimisation for fixed area cellular layout problems using GA and SAA. International Journal of Innovation and Sustainable Development. vol. 7, n. 1, pp. 91-109.

Singh, M. (2012) – Innovative practices in facility layout planning, vol. 1, n. 12, pp. 126-139.

Singh, S. & Khanduja, D. (2019) - Improvement in Manufacturing System by Rearrangement in Layout Design – A Case Study. Journal of Physics: Conference Series. **1240** 012023.

Slack, N.; Chambers, S.; Harland, C.; Harrison, A. & Johnston, R. (1995) – Operations Management. Pitman Publishing London.

Tompkins, J. A.; White, J. A.; Bozer, Y. A. &Tanchoco, J. M. A. (2010) – Facilities planning, 4th edition, John Wiley & Sons, pp. 1-854.

Wang, Q. (2005). Comparison between fixed- and walking-worker assembly lines.
Proc IMechE Part B: J. Engineering Manufacturing, 219: 845-848.

Wilcoxon, F. (1945). Individual comparisons by ranking methods. Biometrics Bulletin, 1(6), 80-83.

ANEXO 01

A figura A.01 mostra o desempenho para o produto, cuja quantidade de componentes é 5000 e 10000 componentes. A contribuição do algoritmo de recozimento simulado é ainda mais evidente, principalmente quanto maior o numero de centros de trabalho.

Quanto maior o número de componentes, maior o porte de produto. Portanto é de esperar maior a distância percorrida, fato que é confirmado nos resultados.

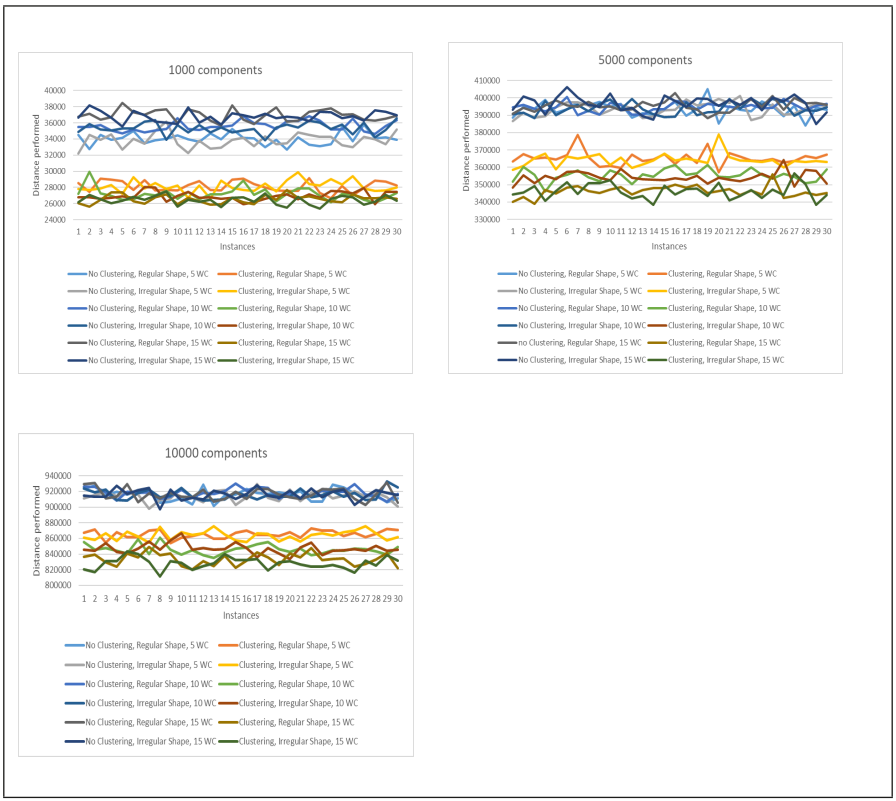


Figura A.01. Resultados dos experimentos do modelo de simulação, para 1000, 5000 e 10000 componentes.

CAPÍTULO 12

MÓDULO ELETRÔNICO SINTETIZADO SEM FIO, PARA BATERIA ELETRÔNICA, ATRAVÉS DA COMUNICAÇÃO WI-FI DO ESP32

Data de aceite: 01/09/2022

Paulo César do Nascimento Cunha

Afonso Pereira Barros
http://lattes.cnpq.br/5658249238942607

Gabriel Vinícius de Souza Bispo
http://lattes.cnpq.br/8669563895866524

José Irineu Ferreira Júnior
http://lattes.cnpq.br/3986174877760786

Jarlisson José de Lira
http://lattes.cnpq.br/4886903916866251

RESUMO: A música faz parte da nossa cultura - todos gostam de ouvir música. Mas enquanto ouvir música é uma coisa, aprender a fazer música é outra. Da mesma forma, embora que fazer música seja uma tarefa difícil, construir um instrumento musical é um desafio totalmente novo. Com o passar do tempo, nossa tecnologia evolui e descobrimos novas maneiras de fazer os instrumentos musicais, diferente dos tradicionais. Nesse trabalho foi desenvolvido dois módulos para uma bateria eletrônica com transmissão dos dados via Wi-FI, utilizando como elemento central um ESP32 como sintetizador e transmissor, neste foi feito a programação para aquisição dos sinais dos sensores via canais A/D, fazendo a correlação com os sons gravados em sua memória, para efetuar a transmissão dos dados a um outro ESP32 que chamamos receptor, deixando o sistema portátil. No ESP32 Receptor, foi utilizado seu canal D/A, para transformar o sinal digital em analógico, para ser enviado ao amplificador local. No desenvolvimento do projeto utilizou-se a estrutura física da bateria de jogos Guitar Hero, que facilitou muito no desenvolvimento do projeto. O módulo para uma bateria eletrônica sintetizado, com comunicação sem fio, através das funções esp_now, apresentou qualidade na transmissão em um perímetro de 20 metros em área aberta, sem barreiras e portabilidade para este instrumento musical, podendo também ser adaptado em uma bateria acústica ou luthier.

PALAVRAS-CHAVE: Bateria Eletrônica, Comunicação sem fio, ESP32.

ABSTRACT: Music is part of our culture - everyone likes to listen to music. But while listening to music is one thing, learning to make music is another. Likewise, while making music is a difficult task, building a musical instrument is a whole new challenge. Over time, our technology evolves and we discover new ways to make musical instruments, different from traditional ones. In this work, a module was developed for an electronic drum kit with data transmission via Wi-FI, using the ESP32 as a central element, in which the programming was carried out for the acquisition of the sensor signals via A/D channels, making the correlation with the recorded sounds. in your memory. To carry out the data transmission to another ESP32 that we call receiver leaving the portable system. On the ESP32 Receiver, its D/A channel was used to transform the digital signal into analog, to be sent to the local amplifier. In the development of the project, the physical structure of the Guitar Hero drums was used, which greatly facilitated the development of the project. The

module for a synthesized electronic drums, with wireless communication, through the esp_now functions, presented quality in the transmission in a perimeter of 20 meters in an open area, without barriers and portability for this musical instrument, being able to also be adapted in an acoustic drum or luthier.
KEYWORDS: Electronic Battery, Wireless Communication, ESP32.

INTRODUÇÃO

"A música é uma linguagem universal, tendo participado da história desde as primeiras civilizações. Conforme dados antropológicos, as primeiras músicas seriam usadas em rituais, como: nascimento, casamento, morte, recuperação de doença e fertilidade." (BRÉSCIA, 2009, p. 15).

Dessa forma, a partir do que diz BRÉSCIA, nota-se a importância cultural e emotiva da música. Mas, vale lembrar que ela é um importante estimulador do desenvolvimento cognitivo do ser humano, abrangendo desde crianças a idosos. Partindo desse pressuposto, é de suma importância instigar a busca por formas mais acessíveis de instrumentos musicais, tendo em vista que a aquisição destes é limitada a uma pequena parcela da população brasileira.

Ao analisar os preços de módulos sintetizados de bateria/percussão de marcas renomadas, o alto custo é algo que assusta e frustra grande parte das pessoas interessadas na música, levando as mesmas à desistência. Visando a maior integração e inclusão de pessoas que não possuem acesso a esses dispositivos caros, o projeto visa a construção de um módulo sintetizado de bateria por meio da conexão Wi-Fi do ESP32, a fim de se produzir um protótipo de baixo custo, acessível a uma maior parcela da população(BRESCIA, 2011).

A música faz parte da nossa cultura. Em geral, todos gostam de ouvir música. Mas enquanto ouvir música é uma coisa, aprender a fazer música é outra. Da mesma forma, embora fazer música seja uma tarefa difícil, construir um instrumento musical é um desafio totalmente novo. Normalmente, os instrumentos musicais são caros de fazer, pois apenas os melhores materiais são usados para criar a obra de arte, mas com o passar do tempo, a tecnologia evolui e novas maneiras de fazer os instrumentos musicais foram desenvolvidos(RISSI; LYRIO, 2017).

O uso da música, em algumas ações sociais, promove a atenção, companheirismo e o respeito. Para aprender a tocar um instrumento é preciso gastar tempo, isso implica em uma atividade que demanda horas e nem todos têm acesso aos instrumentos devido ao alto custo (SANTOS, 2016). Com os conteúdos técnico na formação dos alunos de nível médio integrado do instituto, ver se a possibilidade de alcançar bons resultados para o desenvolvimento da proposta de montar um instrumento musical, uma bateria eletrônica sem fio, com o auxílio dos alunos na pesquisa.

Olhando para a história, na década de 50, foi desenvolvido os teclados sintetizadores, capazes de produzir os mais diferentes timbres e tonalidades de sons através de sinais

modulados eletricamente. Posteriormente em meados da década de 70, o professor Brian Groves desenvolveu a primeira bateria eletrônica, que possuía imã, como sensor e quando em seu suporte, for tocado, movia dentro dele uma bobina gerando assim um sinal elétrico, que seria sintetizado no circuito transistorizado, o que tornava inviável a sua comercialização. Também neste período, foram introduzidos os sons característicos de cada parte percussiva no sistema de amostragem nas primeiras baterias eletrônicas, através de geradores de funções, que geravam sons para cada peça através de gatilhos (percutidos). Com o desenvolvimento da tecnologia o sistema se aprimorou, e tornou se comum a este instrumento, que, ao invés de modelar cada som através de sistemas analógicos, fossem armazenados, os sons característicos, proveniente de gravações de instrumentos de qualidade, ao invés de utilizar os geradores de funções(BADNESS,1991; WIKIPEDIA, 2021).

A maior parte das baterias eletrônicas apresentadas no mercado hoje, segundo WIKIPEDIA (2021), apresenta as características das peças percussivas,composta por:

- **prato de condução**: sonoridade aguda e semelhante a um sino próprio para conduzir o ritmo de uma música;
- **surdo**: produzindo um som mais grave, duradouro e forte;
- **tom-tons**: produzindo sons de tonalidade média e geralmente afinados cada um em uma nota diferente;
- **bumbo**: produzindo batidas mais graves e secas quando percutido pela maceta acoplada ao pedal (na bateria eletrônica utiliza apenas o pedal);
- **caixa**: também conhecido como tarol, consiste em um tambor com duas membranas sendo que em contato com a pele inferior há uma esteira composta de molas de arame que ressonam com a pele superior produzindo um som repicado;
- **chimbal**: consiste em dois pratos montados com suas cavidades voltadas um para o outro e atrelados a um pedal que quando acionado os une podendo ser percutido estando aberto, fechado ou produzindo com um acionamento mais vigoroso do pedal.

Para este projeto, foi utilizado a estrutura na forma de bateria mostrada na Figura 1. Essa estrutura de bateria não é capaz de reproduzir som, apenas contém sensores distribuídos para cada peça percussiva. Os sensores são responsáveis por indicar qual peça percussiva, por exemplo a caixa, está sendo tocada.

Figura 1: Bateria eletrônica portátil Guitar Hero, compatível com PS2, PS3, XBOX E WII. Não reproduz som sozinha. Precisa estar conectado ao Hardware e aos jogos que é compatível.

Um importante recurso para o projeto é o microcontrolador ESP32 (Figura 2). Ele foi projetado pela empresa desenvolvedora de tecnologia Espressif Systems, que iniciou sua introdução no mercado em 2016, e já é considerado, um dos mais robustos e controladores do mercado, suas características, são: velocidade de processamento, acessibilidade e conectividade, observando, principalmente pela sua inteligibilidade com a conexão Wi-Fi (KOLBAN, 2018).

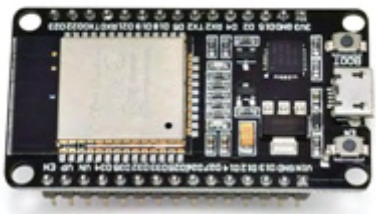


Figura 2: ESP32. Fonte: WJ Componentes Eletrônicos.

O ESP32 é constituído por um robusto processador, foi projetado com um modelo que pode ser de 1 ou 2 núcleos de 32- bit, que pode chegar a trabalhar com frequências de *clock* de até 240 MHz. Além disso, ele conta com uma capacidade de armazenamento de 512Kb de memória RAM e 16 Mb de memória FLASH (IBRAHIM, 2017).

Com isso, este trabalho busca desenvolver um módulo eletrônico sintetizadopara produzir os tons musicais característicos produzidos digitalmente com base na comunicaçãosem fiocom sensores localizados em componentes de uma bateria eletrônica para jogos (bateria eletrônica portátil Guitar Hero).

METODOLOGIA

O projeto compreendeu as seguintes divisões básicas: estado da arte, busca dos sons, técnicas para aquisição dos toques e seus componentes, construção da placa do protótipo, programação dos microcontroladores ESP32 para a função de sintetizador transmissor e do ESP32 para a função de receptor reprodutor de áudio.

Primeiramente foi realizado o estudo detalhado sobre o tema abordado na área dos instrumentos musicais sintetizados existentes, suas funcionalidades e características básicas necessárias ao seu funcionamento, a captura dos toques através de pastilhas piezo elétricas e a escolha dos sons de cada peça percussiva que compõe a bateria. O próximo passo foi o desenvolvimento do *software* para cada ESP32 com funções de transmissor e receptor responsável por reproduzir os sons.

Figura 3: Pastilhas Piezo 15mm.

Fonte: Vale do Silício

Foi configurada a proposta, resultado da soma das experiências obtidas nos trabalhos correlatos selecionados, buscando desta forma compilar um plano de ações para cada etapa.

Figura 4: Mostra a desmontagem da bateria para ter acesso a cada sensor piezo posicionado em cada peça da bateria.

A escolha dos sons percussivos foi feita através do aplicativoBandLab, que contem os sons característicos referentes a cada peça da bateria. Assim, a escolha dos timbres foi facilitada. Após a aquisição dos sons, eles precisaram ser adequados a resolução do conversor digital-analógico (*Digital to Analog Converters* - DAC[1]) do ESP32, que é de 8 bits, para poderem ser reproduzidos. Para fazer a adequação, foi utilizando o *software* Audacity[2].

Um outro ponto visto foi a transformação do formato "*.WAV"* para um formato hexadecimal "*.h*", como é ilustrado na Figura 5. Essa informação foi extraída do exemplo da biblioteca DACWAV que permitiu adequar todos os sons neste formato e inserir na programação do ESP32 sem a necessidade do uso do cartão SD. Também contando com dessa biblioteca instalada, foi utilizado o recurso *mixe* para possibilitar o toque de duas ou mais peças ao mesmo tempo.

TRANSMISSOR_BATERIA_ESP32 | D2.h | F2.h | H2.h | Sons.h | SoundData.h

```
const unsigned char caixaWav[7744] = {
0x52, 0x49, 0x46, 0x46, 0x38, 0x1E, 0x00, 0x00, 0x57, 0x41, 0x56, 0x45,
0x66, 0x6D, 0x74, 0x20, 0x10, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x01, 0x00,
  0x00, 0x7D, 0x00, 0x00, 0x00, 0x7D, 0x00, 0x00, 0x01, 0x00, 0x08, 0x00,
  0x64, 0x61, 0x74, 0x61, 0xCC, 0x1D, 0x00, 0x00, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F,
  0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x80, 0x7F,
  0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F,
  0x80, 0x7F, 0x80, 0x80, 0x80, 0x80, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x80, 0x80, 0x80,
  0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x80, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F, 0x80, 0x7F,
```

Figura 5: Mostra os arquivos de áudio foram convertidos em códigos hexadecimais (necessário fazer a conversão WAV= hexadecimal).

Utilizando orecurso do Wi-Fi do ESP32, através da configuração *ESPnow,* foi realizada a conexão entre o ESP32 com função de transmissor (que ler os sensores da bateria) e o ESP32 com função de receptor (de reproduzir os sons).

1 O DAC é um elemento capaz de converter um dado digital em uma tensão (ou sinal) analógica.
2 Audacity é um *software* livre de edição digital de áudio.Disponível em: https://www.audacityteam.org/download/

TRANSMISSOR_BATERIA_ESP32

```
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

#include <XT_DAC_Audio.h>
#include "SoundData.h";
```

RECEPTOR_BATERIA_ESP32

```
#include <esp_now.h>
#include <WiFi.h>

#include <XT_DAC_Audio.h>
#include "SoundData.h";
```

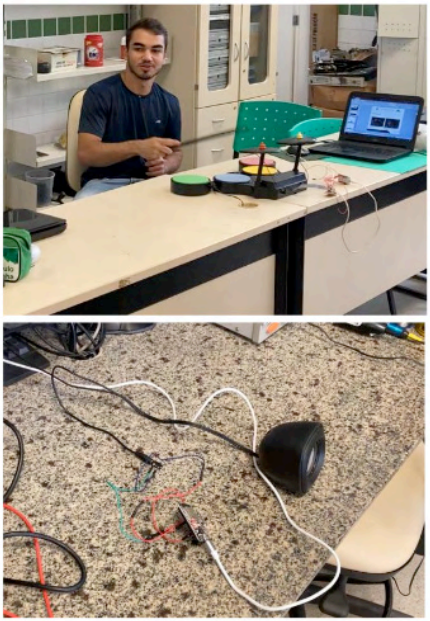


Figura 6: Mostra a bateria montado com os testes da comunicação sem fio.

Apresenta-se como resultado a sintetização dos sons de cada peça de uma bateria eletrônica através dos pulsos elétricos provenientes do toque em cada piezo presente em peça da bateria.

Assim, foi possível executar de forma eficiente a montagem do sistema de sintetização, bem como, o seu controle e monitoramento.

Na imagem da 7, é ilustrado um dos testes com os sensores da bateria e a transmissão sem fio do som desejado, através do *ESPnow* do ESP32, e a recepção e reprodução do som através do ESP32 receptor.

Figura 6: Mostra a bateria montada.

Durante a realização dos testesem ambiente sem barreiras, verificou-se que a comunicação entre os ESP32 se manteve estável dentro do perímetro de 20 metros, sem haver perda de dados ao longo deste perímetro.

Com esse resultado foi visto a possibilidades em construir instrumentos musicais utilizando o ESP32 fazendo que esses instrumentos possam transmitir seus sons a uma distância de 20 metros a um custo relativamente baixo.

Foram encontrados muitas referências e projetos na área, algumas pessoas de vários lugares do mundo já haviam executados pesquisas semelhante, mas com o uso de um computador e o processamento dos sons via comunicação MID. Porém, como o projeto consiste na utilização do ESP32 e com o processamento independente, foi preciso realizar muitas adaptações nos códigos e alguns tiveram de ser mudados completamente, uma vez que o DAC de áudio MP3 apresenta uma linguagem não muito habitual.

Em linhas gerais, o projeto apresentou repostas positivas, foi possível buscar em inúmeros bancos de dados timbres de qualidade boa, que irão ser utilizados na continuação do projeto. Além disso, foram realizados testes de projetos já existentes com Arduino, por meio dos quais apareceram os primeiros resultados referentes à reprodução de áudio da bateria em si.

REFERÊNCIAS

BADNESS, Ray F. **DrumProgramming: a complete guidetoprogramand think like a drummer**. Anaheim Hills, CA: Centerstream, 1991. 64p

WIKIPEDIA. **Bateria (instrumento musical).** Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Bateria_(instrumento_musical) Acesso: 12/08/2021

IBRAHIM, Dragan. **The Complete ESP32 ProjectsGuide**. 1a. ed. [S.l.]: Elektor Digital, 2017.

KOLBAN, Neil. **Kolban's book on ESP32**. [S.l.]: Leanpub, 2018

SANTOS,TansirOmoni Sacramento; SANTOS, Maria Helena da Silva Reis. **PROJETOS SOCIAIS, MÚSICA E EDUCAÇÃO**:EM UMA PERSPECTIVA CONTEMPORÂNEA. Encontro Internacional de Formação de Professores e Fórum Permanente de Inovação Educacional. v. 9, n. 1, pag.1307 – 1323. 2016. https://eventos.set.edu.br/enfope/article/view/2480 Acesso: 12/08/2021

BARROS, B. M.; at all. P**ROTOTIPAGEM DE UMA BATERIA ELETRÔNICA COM MÓDULO ARDUINO "DK2-80 MIDI DRUM KIT**". Mostra Nacional de Robótica (MNR). 2014.

BRESCIA, V. P. **Educaçao Musical: BASES PSICOLOGICAS E AÇAO PREVENTIVA**. 2. ed. São Paulo: ALINEA, 2011.

RISSI, A. B.; LYRIO, H. P. **FACULDADE DOCTUM DE PEDAGOGIA DA SERRA A INFLUÊNCIA DA MÚSICA E SUAS CONTRIBUIÇÕES NA EDUCAÇÃO INFANTIL**. [s.l: s.n.]. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1379/1/A%20INFLU%C3%8ANCIA%20DA%20M%C3%9ASICA%20E%20SUAS%20CONTRIBUI%C3%87%C3%95ES%20NA%20EDUCA%C3%87%C3%83O%20INFANTIL.pdf>. Acesso em: 6 jul. 2022.

CAPÍTULO 13

APLICAÇÕES DO DESIGN INSTRUCIONAL NA DISCIPLINA DE DESENHO: MÉTODOS DE ENSINO CONTEXTUALIZADOS PARA O ENSINO MÉDIO

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 08/07/2022

José Rodolfo Ribeiro Tavares
CPII – Colégio Pedro II, Departamento de Desenho
Duque de Caxias – RJ
http://lattes.cnpq.br/5799390809695319

Giselle Aparecida de Sousa Araujo
CPII – Colégio Pedro II, Departamento de Desenho
Duque de Caxias – RJ
http://lattes.cnpq.br/9866888817714935

Isabel Barros Fiaux dos Santos
IFRJ - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
Programa de Pós-Graduação em Educação Profissional e Tecnológica – ProfEPT (Mestranda)
Mesquita – RJ
http://lattes.cnpq.br/2352350673268349

Luciene Maria de Souza Zanardi
CPII – Colégio Pedro II, Departamento de Desenho
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/8241869171757226

Maria Cecília da Silva Barbosa
CPII – Colégio Pedro II, Departamento de Desenho
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/7290141928433249

Paulo Roberto Boldarini Regini
UNIFATEA – Centro Universitário Teresa D'ávilaCentro Universitário
Mestrado em Design, Tecnologia e Inovação (Mestrando)
http://lattes.cnpq.br/7175330504238886

Yasmim Carolino Bora Marinho
UFRJ – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Belas Artes Licenciatura em Educação Artística – Desenho (Graduanda)
Rio de Janeiro – RJ
http://lattes.cnpq.br/9993094804646568

RESUMO: O ensino do Desenho Geométrico no currículo da educação básica brasileira foi decretado pela de Lei nº 20.158 de 30 de junho de 1931, porém sua não obrigatoriedade foi determinada pela Lei nº 5.692, das Leis de Diretrizes e Bases Nacionais de 1971, tornando o seu ensino optativo. A partir desta alarmante questão, instituições vêm deixando o ensino da disciplina em segundo plano. Atualmente a grande realidade é a sua extinção da grade escolar de instituições públicas e particulares. Desta forma, no Rio de Janeiro, é possível evidenciar algumas instituições que mantêm a disciplina por ver a sua importância na formação do cidadão, das instituições, se destaca o Colégio Pedro II. Este artigo visa apresentar novos meios do ensino da disciplina de Desenho Geométrico, com base nos pressupostos do Design Instrucional que propõe uma nova leitura enquanto as práticas metodológicas através do uso de *software* e aplicativo, propondo contextualizações dos conteúdos ministrados. As metodologias aqui

presentes foram aplicadas no Colégio Pedro II, tornando notória a possibilidade de aplicação das mesmas em demais instituições, e gerando dados que mostrem a importância do ensino do Desenho nos dias atuais e propondo uma possível valorização da disciplina.
PALAVRAS-CHAVE: Desenho Geométrico, educação e tecnologia.

INSTRUCTIONAL DESIGN APPLICATIONS IN THE DISCIPLINE OF GEOMETRIC DESIGN: CONTEXTUALIZED TEACHING METHODS FOR HIGH SCHOOL

ABSTRACT: The teaching of Geometric Design in the Brazilian basic education curriculum was decreed by Law nº 20.158 of June 30th, 1931. However, its non-mandatory nature was determined by Law nº 5.692, of the National Directives and Bases Laws of 1971, making its teaching optional. As a result of this alarming issue, institutions have left the teaching of this discipline in the background. Currently, the great reality is its extinction from the school curriculum in public and private institutions. Nonetheless, in Rio de Janeiro, it is possible to highlight some institutions that maintain the discipline because they see its importance in the formation of citizens, from those institutions, Colégio Pedro II stands out. This article aims to present new ways of teaching Geometric Design, based on the assumptions of Instructional Design that proposes a new reading of methodological practices through the use of software and apps, proposing contextualization of the content taught. The methodologies presented here were implemented at Colégio Pedro II, making evident the possibility of their application in other institutions, and generating data that show the importance of Geometric Design teaching and proposing a possible valorization of the discipline.
KEYWORDS: Geometric Design, education, and technology.

1 I INTRODUÇÃO

O ensino da disciplina de Desenho no Brasil vem perdendo o espaço a partir da Lei nº 5.692, das Leis de Diretrizes e Bases Nacionais de 1971, que torna o ensino de tal disciplina optativa, no entanto instituições tradicionais mantêm a disciplina no currículo, sendo este um assunto bastante discutido por profissionais da área em eventos como seminários, colóquios e congressos.

A disciplina em questão, também denominada como Desenho Geométrico, aborda no Ensino Fundamental os entes básicos, como pontos, linhas e retas, bem como construção de formas planas. Em grande parte, no Ensino Médio, os assuntos correspondem aos conceitos da Geometria Descritiva, idealizada por Gaspard Monge no século XIX. Tais conteúdos são voltados para as formas tridimensionais e suas representações através de projeções relacionadas com o olhar do observador, sendo esse o foco desta pesquisa.

Professores da disciplina de Desenho em regra a lecionam de forma tradicional, caso utilizassem os recursos tecnológicos a seu favor, poderiam atender a demanda dos alunos enquanto o conhecimento sobre as formas geométricas e suas representações tridimensionais em um contexto contemporâneo.

De fato, os clássicos instrumentos de Desenho Geométrico, como régua, compasso

e esquadro são essenciais no processo de ensino e aprendizagem, mas se torna necessária uma reestruturação do ensino da disciplina, podendo ser repaginada através do uso de recursos tecnológicos por meio do Design Instrucional.

O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC) vem ganhando cada vez mais espaço, no momento em que as pessoas estão mais conectadas nas redes, inseridas nas páginas sociais, fóruns de discussões e articulando programas computacionais como ferramenta de ensino e aprendizagem. Dado tal cenário, o presente estudo, busca mostrar a importância do uso das novas ferramentas tecnológicas que foram aplicadas na disciplina de Desenho, tendo em vista que tais recursos vêm ganhando grande espaço no meio educacional.

De acordo com o Comitê Gestor da Internet no Brasil (2012), as Tecnologias de Informação e Comunicação no âmbito escolar estão relacionadas com mudanças no processo pedagógico, refletindo em impactos sociais.

Com o intuito de apresentar práticas contextualizadas sobre o uso da tecnologia em prol do ensino das expressões gráficas, este estudo utilizou alguns recursos como o uso de softwares, aplicativos e outras ferramentas inseridas pelas Tecnologias de Informação e Comunicação e suas possíveis aplicações em sala de aula.

O campo desta pesquisa é ilustrado por uma instituição federal com infraestrutura para a demanda das metodologias aqui propostas, mas que infelizmente não reflete a realidade da maioria das instituições de educação básica do Brasil. Porém dentre as metodologias, existem possibilidades de adaptações, mesmo em escolas em que não exista sala de informática, é possível a tentativa do uso de celulares e notebook para as contextualizações aqui presentes.

A investigação se consolidou de forma exploratória, também se caracteriza como experimental, pois foram manipuladas variáveis relacionadas com o objeto em estudo, no caso as aulas previstas de forma tradicional, para determinar a interação entre as variáveis e explicitar as causas do fenômeno de acordo com os objetivos do presente estudo.

2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para abordar uma breve história sobre o ensino do Desenho no Brasil, foram consultadas leis que regulamentaram o ensino da disciplina e que mais adiante a partir de decretos o caracterizou como facultativo.

O ensino do Desenho Geométrico foi inserido no Ensino Básico brasileiro através do decreto de Lei N° 20.158 de junho de 1931 que previa o Desenho Geométrico como:

> Aplicado ao comércio e à indústria, a fim de servir de base às necessidades práticas de comerciante e do industrial e aos estudos relativos a anúncios, mostruários, croquis de tecidos e de marcas de fábricas e de comércio, etc. (BRASIL, 1931)

Porém mais adiante através da Lei 4.024 de 1961 (BRASIL, 1961) da Lei de Diretrizes e Bases da Educação (LDB), o ensino se tornou optativo, acarretando na desvalorização de tal conhecimento. Contudo, em escolas onde o ensino foi mantido, é notório como sendo um diferencial a mais aos estudantes que mais adiante decidem optar por uma carreira nas faculdades, tais como Engenharia, Arquitetura, Composição Paisagística, Artes, Desenho, Design e outras que utilizam a Expressão Gráfica como linguagem.

Papert (1993) descreve situações em que o uso dos computadores é uma ferramenta chave para o desenvolvimento da educação, mencionando a linguagem logo[1], como recurso de programação daquela época. A descrição das práticas feitas por Papert ilustram a evolução das representações gráficas do desenho no meio computacional, onde era necessário o usuário ter certo conhecimento na linguagem do programa, sendo dados comandos para a representação de uma determinada forma, através de palavras e números.

Perrenoud (2000) aborda o uso dos computadores para além da aula de informática, explorando as potencialidades do uso dos softwares para suprir procedimentos mais complexos e trabalhosos no âmbito educacional.

O ensino da Geometria Descritiva apresentada nos conteúdos de Desenho para o Ensino Médio foi idealizada por Gaspard Monge (1746-1818), que de acordo com Pereira (2001), Monge teve:

> [...] o mérito de sistematizar os processos descritivos utilizados até então, dando corpo de doutrina científica ao que denominou Geometria Descritiva. Tamanha foi a importância de sua criação, que Monge a Manteve como segredo militar da França durante anos. Um método simples na sua essência, baseado na dupla projeção ortogonal da figura do espaço: as duas imagens ou projeções – a vista de cima e a vista de frente – feitas em dois planos perpendiculares, passam a ser mostradas em um único plano, através do engenhoso artifício do rebatimento. (PEREIRA, 2001, p.9)

O Desenho estudado nesta etapa requer uma abstração para além de uma realidade palpável, onde é necessário certo conhecimento das formas planas e prática no uso dos instrumentos de Desenho. Outro fator importante, é que toda representação (Figura 1) é feita através do olhar de um observador que segundo o idealizador da Geometria Descritiva, Gaspard Monge, se encontra no infinito, observando um determinado objeto, partindo do seu olhar raios projetantes que passam pelo objeto e interceptam o plano de projeção, gerando o desenho projetado referente ao objeto de estudo.

1 Linguagem de programação idealizada por Papert e Feurzeig.

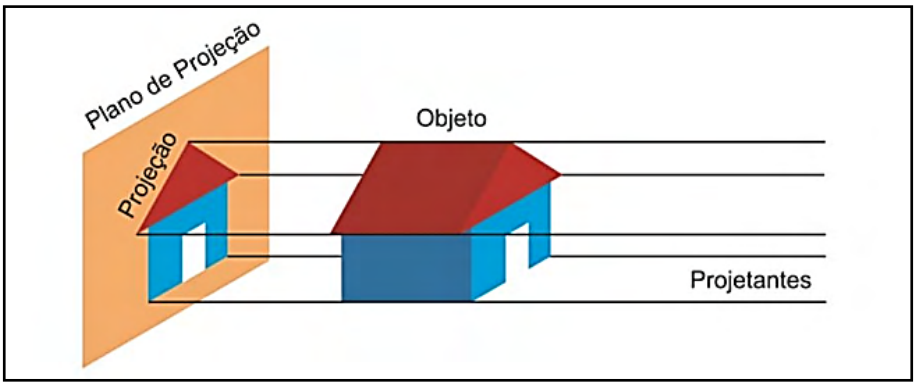


Figura 1: Sistema de projeção cilíndrico ortogonal.

Fonte: Acervo dos autores.

No Ensino Médio é comum dificuldades no desempenho por parte dos alunos devido às abstrações necessárias para a disciplina, pois entender todo mecanismo de transportar algo tridimensional para um espaço plano bidimensional não é tão simples quanto se parece e que nem sempre o simples fato de ler um determinado manual ou passo a passo possa vir a sanar as dúvidas geradas.

Perrenoud (2000) enfatiza que o professor não necessita ser um programador, mas deve ter um conhecimento básico para poder manipulá-lo, reforçando o objetivo desta pesquisa ao usar tecnologia a favor do ensino.

Para Papert (1993), a escola em conjuntura com a educação, é um exemplo de área que não se teve grandes mudanças a ponto de modificar substancialmente a sua natureza, pois a maneira como são ministradas as aulas em seu ponto de vista não evoluiu, mas ao levar em consideração o seu discurso naquela época, hoje em dia, podemos ver algumas mudanças.

Atualmente nos exames de ingresso a faculdades públicas e os demais processo de bolsas em instituições privadas, os alunos devem ser submetido às provas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM), nas provas de Matemática e suas Tecnologias, os conhecimentos espaciais, lógicos e geométricos também estão presentes a cada ano, nos exames de ingresso às faculdades, a importância sobre Geometria Descritiva, Desenho Geométrico e raciocínio lógico vem ganhando cada vez mais espaço.

Oliveira defende, dizendo que:

> O Desenho Geométrico irá proporcionar essa capacidade e promover o entendimento de outros conhecimentos, em todos os campos da atividade humana. Essa disciplina também ajudará a desenvolver o raciocínio lógico, o pensamento divergente, a organização e a criatividade. (OLIVEIRA, 2011, p.1)

Marinho *et al.* (2011) diz que se deve propor novas formas de metodologia de acordo com a realidade, em prol de melhorias tanto na formação do professor quanto para

estimular os alunos, gerando um ganho nas demais áreas do conhecimento acarretando em novas descobertas.

3 I NOVAS PROPOSTAS METODOLÓGICAS PARA O ENSINO DO DESENHO NO ENSINO MÉDIO

Devido à importância de incorporar o uso das Tecnologias de Informação e Comunicação no ensino da expressão gráfica, com ênfase no Desenho Geométrico, foram propostas práticas pedagógicas que fizeram o uso de ferramentas tecnológicas, através de softwares de modelagem 3D e do recurso da realidade aumentada em aplicativos de maneira contextualizada em conteúdos pontuais para o Ensino Médio, compondo as etapas do Design Instrucional que serão apresentadas mais à frente.

No que diz respeito sobre o uso das tecnologias a favor do ensino, Perrenoud (2000), afirmar que:

> As novas tecnologias podem reforçar a contribuição dos trabalhos pedagógicos e didáticos contemporâneos, pois permitem que sejam criadas situações de aprendizagem ricas, complexas, diversificadas, por meio de uma divisão de trabalho que não faz mais com que todo o investimento repouse sobre o professor, uma vez que tanto a informação quanto a dimensão interativa são assumidas pelos produtores dos instrumentos. (PERRENOUD, 2000, p.139)

O autor citado reforça o objetivo desta pesquisa, ao mencionar o uso das ferramentas tecnológicas e suas vastas possibilidades em trabalhar diversos graus de recursos e complexidades. Em que o uso dos softwares, por exemplo, se tornou mais dinâmico e possibilitou a economia de tempo, pois houve a possibilidade em retroceder a uma ação mal executada nos projetos dos alunos, e permitindo assim, sua execução novamente e otimizando o tempo de realização.

3.1 Instituição de Ensino: Colégio Pedro II

O Colégio Pedro II é uma instituição de ensino básico localizada no Rio de Janeiro, sendo fundado em 2 de dezembro de 1837, e ao longo de sua história, o colégio foi responsável pela formação de alunos que se destacaram por suas carreiras profissionais que influenciaram a sociedade brasileira.

Esta pesquisa foi realizada no Campus Duque de Caxias no decorrer do ano de 2016, onde tais metodologias foram estruturadas e desenvolvidas em momentos pontuais até o mês de setembro do mesmo ano.

O Colégio Pedro II, Campus Duque de Caxias, possui um laboratório de informática equipado de computadores desktop, com aproximadamente vinte e cinco máquinas disponíveis para uso dos estudantes. Como em média, as turmas possuem trinta alunos, é necessário o compartilhamento de alguns microcomputadores.

Para desenvolvimento das atividades são disponibilizados: data-show e computador

pelos docentes. Além dos computadores do laboratório, os discentes em sua maioria utilizam celulares e *smartphones* que facilitam no momento da prática através dos aplicativos.

3.2 O *design* instrucional na elaboração das propostas práticas em desenho

O *Design* Instrucional (DI) pode ser conceituado como uma união de atividades para a formulação de um fazer educativo. É a construção de um produto educacional por meio de recursos tecnológicos para atender às especificidades de cada aluno (Filatro, 2008). Os recursos de ensino, aplicados neste estudo são: celular, computador, tecnologia de realidade aumentada, além dos materiais comumente utilizados pelos alunos em sala para aulas de Desenho (régua, compasso, par de esquadros e transferidor).

Esta metodologia tem como função a produção de materiais didáticos que auxiliam no aprendizado do aluno. A precisão e a assertividade do conteúdo desenvolvido, contextualização do material, transposição para a vida, estratégias avaliativas eficientes e a forma de passar a informação são essenciais no DI (Barreto *et al.*, 2007).

O *Design* Instrucional é um recurso utilizado na área do *Design* com a finalidade de dinamizar, modernizar e informatizar o ensino ou metodologia de um determinado assunto ou área, em prol de ganhos acadêmicos para o público-alvo pretendido. Durante este processo, as propostas aqui apresentadas, foram adequadas para a realidade dos alunos no ambiente de uma instituição de ensino básico federal.

De acordo com Filatro (2004), é possível evidenciar as etapas do *Design* Instrucional a partir de cinco passos (Figura 2):

Figura 2: Etapas do *Design* Instrucional.

Fonte: Adaptado de Filato (2004).

Análise: Envolve a identificação das necessidades apresentadas pela área educacional, em que são apresentados os objetivos e levantamento das restrições do projeto instrucional.

Design e desenvolvimento: Etapa que ocorre o planejamento, instruções e

previsão para a elaboração dos materiais e produtos instrucionais.

Implementação: Quando os profissionais envolvidos estão capacitados e realizam eventos ou situações de ensino-aprendizagem para aplicação das propostas planejadas pelo Design Instrucional.

Avaliação: Etapa em que os docentes e equipe acompanham, revisam e ajustam os materiais ou propostas de ensino.

O processo de trabalho no DI passa por todas as fases e acaba por formar uma cadeia cíclica que se retroalimenta ao final do processo, sempre com o objetivo de aprimoramento e engajamento de todos os envolvidos para potencializar o ensino e levar o aluno à construção do saber (Filatro, 2008).

3.3 Aplicação das metodologias: Práticas pedagógicas sugeridas para o ensino do desenho

Para a pesquisa, foram acompanhadas duas turmas de terceira série do ensino médio, onde as práticas foram realizadas com o software gráfico *SketchUp 8.0* para a execução da atividade do trimestre. Tal *software* possui licença livre, disponibilizado no próprio site do desenvolvedor, com patente da Google®.

O *SketchUp* tem por finalidade a construção de modelos bidimensionais e tridimensionais, podemos desenhar desde uma planta-baixa, até complexas edificações. Nessas construções são utilizados poliedros para a execução de modelos 3D, sendo importante ressaltar que o uso desta ferramenta não é somente limitada a projetos arquitetônicos.

No primeiro encontro com os alunos no laboratório, houve a apresentação do programa, dos recursos e suas vantagens, no que diz respeito a sua licença e as ferramentas que se assemelham a de outros programas não gratuitos de mesma finalidade. A aula foi conduzida por exemplos simples, desdobrando para sólidos mais complexos e suas possibilidades de corte, desenho isométrico e suas respectivas vistas ortográficas.

Na segunda aula, foram feitos exercícios pré-estabelecidos, na representação de poliedros (prismas e pirâmides), sólidos de revolução (esfera, cilindro, cone e toro) e demais superfícies curvas, planas e seccionadas (cortes). A partir do conteúdo trabalhado em aula, os alunos desenvolveram outros sólidos de livre escolha.

Demais ferramentas foram apresentadas, como o zoom centralizado, aplicação de tipos de cores e texturas, estilos, captura de tela no formato de imagem e exportação em formato 3D. O *SketchUp* permite a elaboração de um pequeno vídeo, onde é explorada a visualização do modelo construído sobre pontos estratégicos dentro da cena possibilitando sua exportação em formato de vídeo compatível.

No último encontro, a proposta de trabalho que foi enviada aos alunos teve seus esclarecimentos no decorrer da aula. Os estudantes puderam sanar dúvidas sobre os projetos que gostariam de apresentar, criando um esboço rápido no laboratório, eles foram

orientados a finalizarem a atividade de avaliação em casa ou em um horário agendado na sala de informática.

Durante a realização da atividade de avaliação, os alunos puderam relacionar o conhecimento adquirido em sala de aula e transporta para este momento na prática. Para ilustrar esta prática, foi selecionado o seguinte trabalho (Figura 3), em que o grupo extraiu o desenho isométrico.

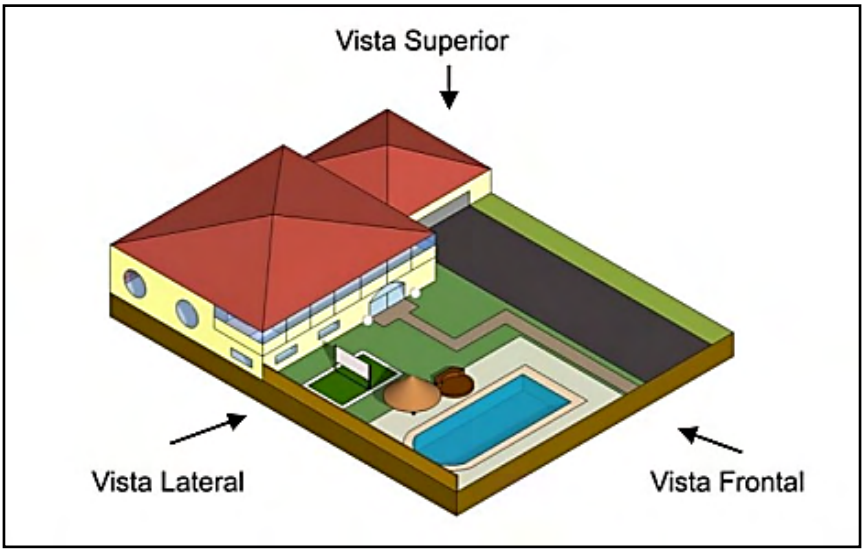


Figura 3: Desenho Isométrico em acabamento gráfico.

Fonte: Acervo dos autores.

Os alunos também exploraram os recursos de câmera e exportaram as vistas de suas maquetes tridimensionais (Figura 4), resultando nas vistas ortográficas que cada grupo editou posteriormente em software de preferência do grupo.

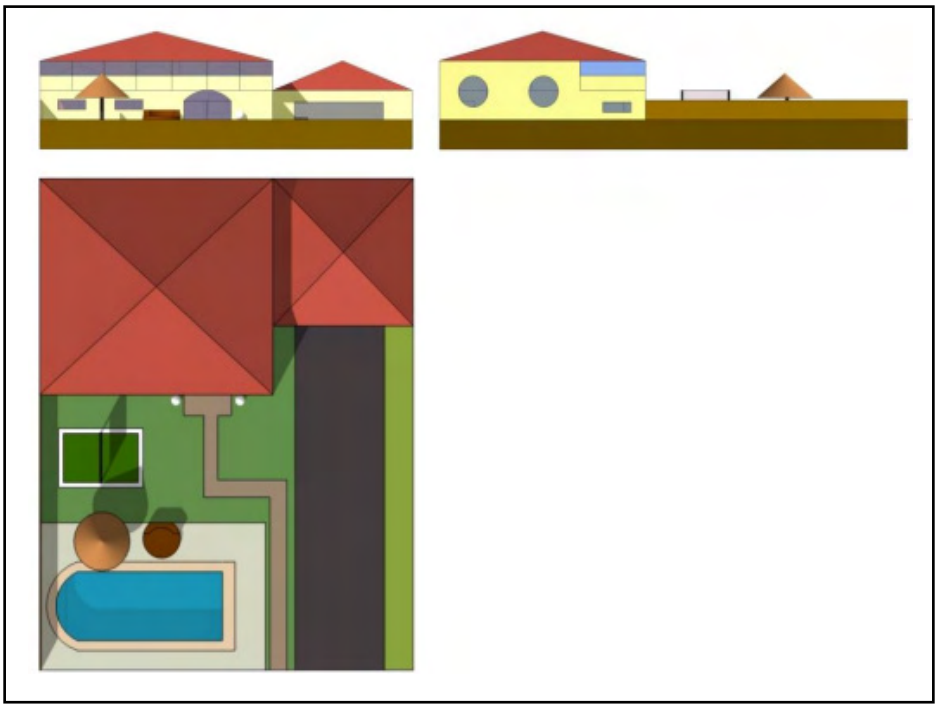


Figura 4: Vistas Ortográficas – Vista Frontal / Vista Superior / Vista Lateral.

Fonte: Acervo dos autores.

Os recursos deste programa gráfico são surpreendentes, visto que sua licença é gratuita, seu manuseio é simples e seus resultados satisfatórios. Outro recurso bastante interessante é a representação do objeto já modelado em estilos de cores e arestas pré-estabelecidos no programa (Figura 5), dando um visual mais artístico como se fosse feito a mão livre ou com um aspecto mais profissional.

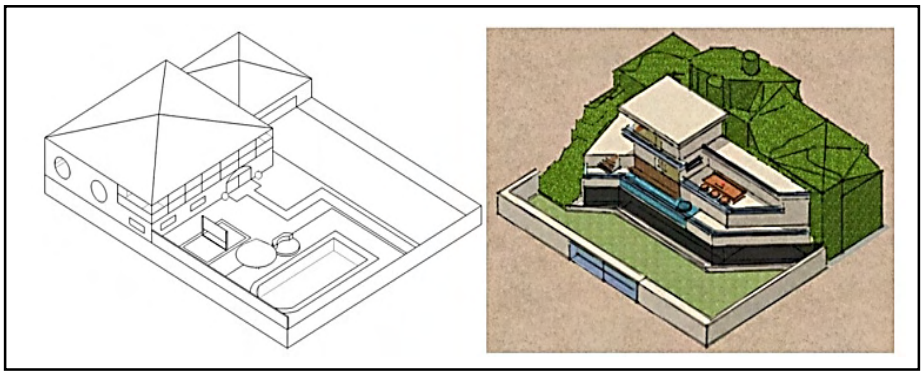


Figura 5: Maquetes estilos de acabamentos distintos.

Fonte: Acervo dos autores.

Dentre os trabalhos apresentados, um se destacou pela particularidade em sua representação. A maquete 3D representa a edificação do Campus Duque de Caxias (Figura 6) em detalhes pormenores. O trabalho apresenta a percepção do grupo do ambiente onde estudam, fazendo parte do cotidiano dos alunos.

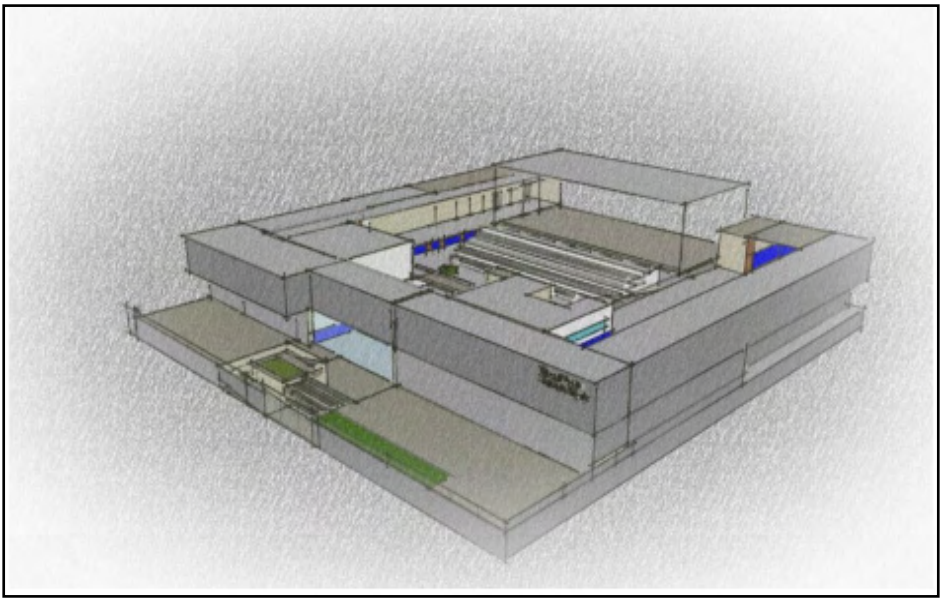


Figura 6: Representação do Colégio Pedro II feita no *SketchUp.*

Fonte: Acervo dos autores.

Através das atividades, os alunos aprenderam a modelar poliedros, elaborar sólidos mais complexos e maquetes de edificações e a modelagem. Como segundo instrumento de avaliação do ano, os alunos tiveram como atividade a elaboração de personagens (Figura 7), podendo ser um já existente de alguma série ou desenho animado, pessoas, alunos ou algum ídolo. O trabalho consistiu na elaboração de tais personagens através de planificações feitas em papéis resistentes. Após esta etapa, os alunos confeccionaram o mesmo personagem em uma versão adaptada no *SketchUp*.

Figura 6: Representação do Colégio Pedro II feita no *SketchUp.*

Fonte: Acervo dos autores.

Com a prática, os alunos puderam estudar mais as formas dos poliedros, com ênfase em prismas, relacionando o modelo dos personagens de papel com a representação virtual do mesmo. Porém, o objetivo principal de tal prática se encontraria mais a frente. A modelagem dos personagens foi feita por adaptações (Figura 8), não sendo necessário ter as medidas exatas dos personagens de papel, podendo haver intervenção na modelagem 3D quando necessário.

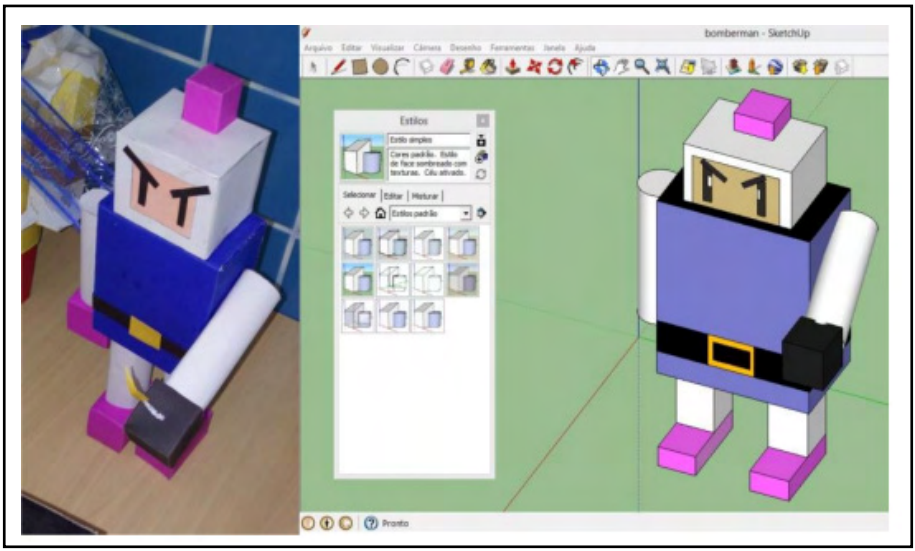


Figura 8: Modelo confeccionado em papel e modelo tridimensional no *SketchUp*.

Fonte: Acervo dos autores.

Após a modelagem, os alunos foram orientados a exportarem o arquivo 3D, em

um modo compatível, denominado *Collada* de extensão *.dae*, para posteriormente serem trabalhados em outro meio de manipulação. Os arquivos 3D foram disponibilizados no site do aplicativo *Augment*, que permite hospedá-los por tempo indeterminado, sendo gerado a partir do envio do arquivo um código QR[2]. Para que os modelos 3D na exposição funcionassem através da tecnologia da Realidade Aumentada, foi necessário gerar um novo código por dia a partir do arquivo já enviado e armazenado no site, para garantir a gratuidade desta ferramenta.

A imagem a seguir (Figura 9) mostra alguns dos trabalhos da exposição, onde os alunos digitalizaram o código QR e capturaram a imagem a partir da tela do celular.

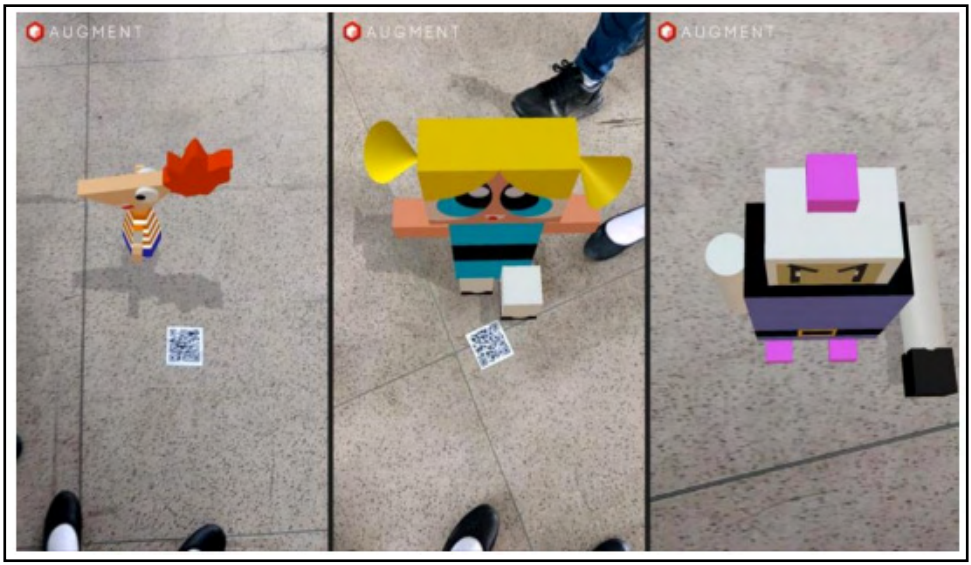


Figura 9: Personagens em realidade aumentada na exposição.

Fonte: Acervo dos autores.

O personagem aparece somente na tela do celular sobre o código exposto no chão, alguns alunos interagiram com o modelo 3D e outros mudaram a posição da câmera, girando no entorno dos personagens para observar os seus detalhes. Foi também interessante a busca dos modelos tridimensionais em Realidade Aumentada com os bonecos de papel por parte dos alunos, em busca das semelhanças nas adaptações feitas pelos alunos do 3° ano do Ensino Médio.

4 I CONCLUSÃO

Devido ao advento tecnológico, uma aula tradicional se torna monótona, se

2 Também conhecido como Quick Response Code, código bidimensional pixelado que é destinado ao uso através da câmera do celular, direcionando para um determinado site ou com alguma finalidade interativa.

comparada à outra que faz uso de meios interativos, onde um conteúdo apresentado através de animação ou realidade aumentada vem a instigar a atenção do aluno para o assunto da aula. O uso de aplicativos que podem ser direcionados ao ensino do Desenho ainda é pouco comparado à demanda da classe alunada, que em sua maioria dispõe de celulares e smartphones, que podem vir a ser utilizados como ferramentas na aprendizagem.

A tecnologia da realidade aumentada ainda se encontra em ascensão, e o uso do *Augment* através do código QR, vêm a facilitar a visualização de sólidos mais complexos no momento em que o aluno tem a possibilidade de manipulá-lo sobre o seu entorno, compreendendo melhor a volumetria de um sólido. O uso do computador é cada vez mais constante por parte dos discentes da instituição, que mesmo apesar de alguns não o terem em casa, podem vir agendar um horário no laboratório de informática quando há tempo vago. Tendo nos desktops o software instalado, fica mais prático os alunos serem autônomos a praticarem outras formas geométricas ou outros modelos de maquetes no programa gráfico.

O *SketchUp* foi de suma importância para esta pesquisa, pois teve um desdobramento em mais de uma prática, sendo utilizado na confecção das maquetes de edificações, personagens 3D, maquetes dos planos projetantes e não projetantes e suas respectivas animações. É necessário trazer os conteúdos de sala de aula para a prática no laboratório, de forma que dialoguem com os exercícios, porém de forma contextualizada, reforçando a prática do professor de Desenho ao inserir as tecnologias no âmbito das expressões gráficas.

Os aparatos e recursos tecnológicos apresentados neste estudo compuseram um esboço de possibilidades que podem ser trabalhadas em prol do Desenho, e sua sistematização e formatação dentro da metodologia do *Design* Instrucional, trazem uma repaginada para a disciplina, visto que, a realidade é pautada em uma instituição básica de ensino federal.

O Desenho é um conhecimento como outro qualquer, sem mais ou menos relevância a demais disciplinas, e o aluno detentor deste conhecimento visual é capaz de se emancipar enquanto o pensamento lógico, matemático e dedutivo, sendo um conhecimento a mais que vêm agregar a formação multidisciplinar do cidadão para o mundo.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Portaria Ministerial s/n. de 30 jun. 1931. **Dispõe sobre os programas do curso fundamental do ensino secundário e instruções pedagógicas.** Diário Oficial, 30 jun.1931, p.12405; 12423-24.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria da Educação Média e Tecnológica. **Parâmetros Curriculares Nacionais + (PCN+) - Ciências da Natureza e suas Tecnologias.** Brasília: MEC, 2002.

BARRETO, C. C. (Org.); Rodrigues, S., Carvalho, R. P. de, Rabelo, C. O., Fialho, A. P. A., & Meyohas, J. (2007). **Planejamento e elaboração de material didático impresso para educação a distância.** Rio de Janeiro: Fundação Cecierj.

COMITÊ GESTOR DA INTERNET NO BRASIL. **TIC Educação - Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação nas escolas brasileiras.** 2012. Disponível em: www.cetic.br. Acesso em: 04 jul. 2022.

FILATRO, A., & Piconez, S. C. B. **Design instrucional contextualizado.** In: Congresso ABED, 2004. Disponível em http://www.abed.org.br/congresso2004/por/htm/049-TCB2.htm Acesso em: 29 de jun. 2022.

FILATRO, A., & PICONEZ, S. C. B. **Contribuições do learning design para o design instrucional.** In: Congresso ABED, 2008. Disponível em http://www.abed.org.br/congresso2008/tc/511200841151PM.pd Acesso em: 29 de jun. 2022

OLIVEIRA, Clézio Lemes de. Importância do Desenho Geométrico. **IN: 1ª JORNADA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E EXTENSÃO DO IFTO Universidade Católica de Brasília**. 2011. Disponível em: https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/bitstream/10869/1547/1/Clezio%20Lemes%20de%20Oliveira.pdf Acesso em: 08 jul. 2022

PAPERT, Seymour. **A máquina das crianças repensando a escola na era da informática.** Porto Alegre: Artes Médicas, 1994.

PERRENOUD, Philippe. **Dez novas competências para ensinar**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

CAPÍTULO 14

QUESTÕES NORTEADORAS PARA ESTUDO DE USABILIDADE EM POLÍTICAS DE SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO EM VSES

Data de aceite: 01/09/2022

André Rivas
Uninove (Programa de Pós-Graduação em Informática e Gestão do Conhecimento)
São Paulo, SP – Brasil

Ivanir Costa
Uninove (Programa de Pós-Graduação em Informática e Gestão do Conhecimento)
São Paulo, SP – Brasil

Nilson Salvetti
Uninove (Programa de Pós-Graduação em Informática e Gestão do Conhecimento)
São Paulo, SP – Brasil

Marcos Vinícius da Silva Messias
Uninove (Sistemas de Informação, 7º semestre)
São Paulo, SP – Brasil

Osmair Mendes Pereira
Uninove (Sistemas de Informação, 7º semestre)
São Paulo, SP – Brasil

Abstract*:* The topic of "Information Security" alone raises many discussions because of its complexity and the fact of how extensive it is. Nowadays, information is considered in many times the greatest good of companies and public bodies. In this way, several resources are used to protect them. As we know the information can be obtained or transmitted in different ways: spoken, printed, transmitted by electronic means, post office, in presentations, films, etc. The concept of information security refers to the methods adopted to protect information, and as mentioned by Gustavo Alberto (2005), aims to protect information in order to ensure business continuity, minimizing damages and maximizing the return on investments and business opportunities. Therefore, this research aims to propose guiding questions for a practical study to evaluate the usability of information security policies in relation to Small and Medium Enterprises and Startups.

1 I INTRODUÇÃO

O tema "Segurança da Informação" por si só rende muitas discussões devido a sua complexidade e pelo fato de quão extenso ele é. Nos dias de hoje, a informação é considerada em muitas vezes o bem maior de empresas e órgãos públicos. Dessa forma, são empregados vários recursos no intuito de protegê-las. Como sabemos a informação pode ser obtida ou transmitida das mais diversas maneiras: falada, impressa, transmitida por meios eletrônicos, correios, em apresentações, filmes, etc. O conceito de segurança da informação refere-se aos métodos adotados para proteger as informações, e conforme mencionado por Gustavo Alberto (2005), visa proteger a informação de forma a garantir a continuidade dos negócios, minimizando os danos e maximizando o retorno dos investimentos e as oportunidades de negócio.

Desta forma, é necessária a implementação de controles para garantir que todas as medidas de segurança sejam tomadas

dentro de uma organização, para evitar potenciais riscos, como por exemplo, de imagem e financeiro.

Conforme descrito pela Norma ISOI/EC 17799, a proteção da informação é essencial para as organizações (pequenas, médias e grandes empresas e *startups*), e é obtida a partir da implementação de um conjunto de controles adequados, incluindo políticas, processos, procedimentos, estruturas organizacionais e funções de software e hardware. Estes controles precisam ser estabelecidos, implementados, monitorados, analisados criticamente e melhorados, onde necessário, para garantir que os objetivos do negócio e de segurança da organização sejam atendidos.

Assim sendo, sabemos que organizações de grande porte possuem rígidas políticas relacionadas a segurança da informação, no entanto, por outro lado, pequenas, médias empresas e startups na grande maioria do casos, não se preocupam muito com esse tema, pois acabam imaginando que devido ao porte da empresa, raramente serão alvos de ataques maliciosos, além de achar que segurança da informação de resume na compra de um software de segurança, entretanto deixam de lado a aplicação de políticas e realização de auditorias.

Assim sendo, este trabalho de pesquisa tem como objetivo propor questões norteadoras para um estudo prático para avaliar a usabilidade de políticas de segurança da informação em relação a Pequenas, Médias Empresas e *Startups.*

2 I REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Política de Segurança da Informação

De acordo com Semola (2003), segurança da informação é uma área do conhecimento dedicada à proteção de ativos da informação contra acessos não autorizados, alterações indevidas ou sua indisponibilidade. Para Da Silva Netto e Da Silveira (2007) a segurança da informação é dividida em três camadas, a camada física, camada lógica e camada humana. Para Lesca e Almeida (1994) a informação tem importância crescente para o desempenho da empresa e do país.

Para o Tribunal de Contas da União – TCU a informação e um ativo muito importante para qualquer instituição, podendo ser considerada, atualmente, o recurso patrimonial mais critico. Informações adulteradas, não disponíveis, sob conhecimento de pessoas de má-fé ou de concorrentes podem comprometer significativamente, não apenas a imagem da instituição perante terceiros, como também o andamento dos próprios processos institucionais. E possível inviabilizar a continuidade de uma instituição se não for dada a devida atenção a segurança de suas informações.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17799:2005, o objetivo da política de segurança da informação (PSI) é “Prover uma orientação e apoio da direção para a segurança da informação, de acordo com os requisitos do negócio e com as leis e regulamentações

relevantes. Segundo Fontes (2008) a política de segurança da informação descreve a filosofia e as regras básicas para o uso do recurso informação e sem uma política ficamos sem saber para onde queremos ir, sem saber qual é a filosofia da organização sobre o assunto segurança e qual o nível de proteção desejado para a organização. A política de segurança da informação reúne as boas práticas em segurança da informação. A Figura 1 ilustra os tópicos mais comuns presentes na política de segurança da informação.

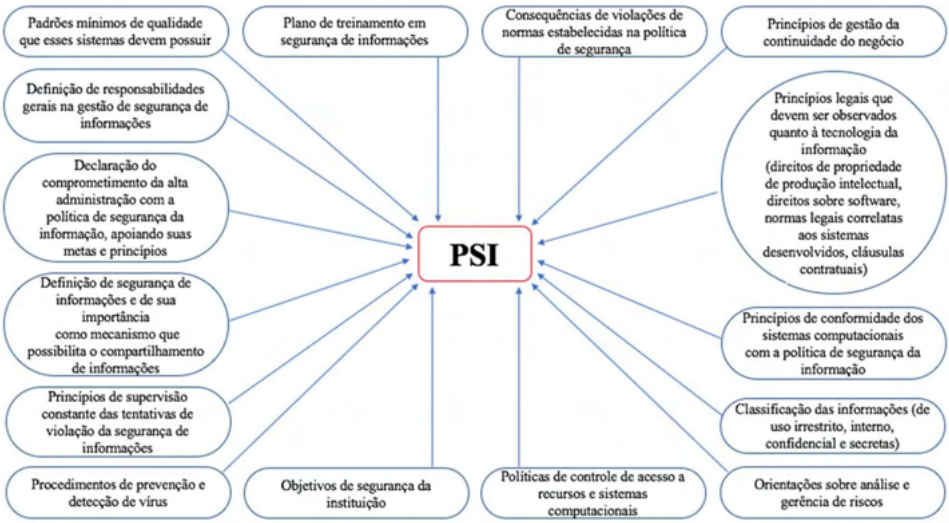


Figura 1: Tópicos da Política de Segurança da Informação

Fonte: elaborado pelos autores.

Para Laureano e Moraes (2005) a combinação em proporções apropriadas dos itens confidencialidade, disponibilidade e integridade facilitam o suporte para que as empresas alcancem seus objetivos, pois seus sistemas de informação serão mais confiáveis. É de extrema importância que toda empresa, de qualquer segmento, realize estudos e crie sua própria política de segurança da informação.

Com a criação de uma política de segurança da informação é realizada uma padronização das normas e diretrizes internas da empresa mitigando possíveis incidentes de segurança da informação. Segundo Prates e Ospina (2004) a maior dificuldade encontrada na utilização da tecnologia da informação está relacionada à resistência por parte dos funcionários, indicando falta de treinamento e explicação prévia à implantação dos benefícios que seriam trazidos nas atividades rotineiras, levando tais funcionários a pensar que poderiam perder seus postos de trabalho para a TI. Além disso, havia a cultura tradicional da empresa em realizar suas tarefas; logicamente a mudança implicava o temor e a percepção de que ocorreriam alterações no modo operacional.

De acordo com Fontes (2008) o usuário é fator crítico de sucesso em um processo

de proteção da informação. Devem existir regras e normas rígidas, mesmo aquelas que não são simpáticas aos usuários, porem todo processo de proteção deve contar com o comprometimento do usuário em proteger um dos bens mais importantes da organização: a informação. Da Silva Netto e Da Silveira (2007) entendem que a política de segurança e a conscientização dos usuários são algumas das formas de se controlar a segurança da camada humana.

Para o TCU o processo de implantação da poĺıtica de seguranç a de informaç ões deve ser formal. No decorrer desse processo, a política de segurança da informação deve permanecer passível a ajustes para melhor adaptar-se às reais necessidades. A política de segurança da informação deve ser de fácil acesso para todos os funcionários ligados direta ou indiretamente com a empresa.

É importante que a alta administração da empresa trabalhe em conjunto área responsável pela seguranç a de informaç ões para a criação da política de segurança da informação. De acordo com Fontes (2008) de forma semelhante como a "Ética é um princípio sem fim", uma segurança da informação é um processo que não termina nunca. Mas ela não existe por si só. Ela existe para o negócio que organização aconteça de forma protegida no que diz respeito aos recursos de informação.

De acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17799:2005, convém que a organização tenha procedimentos implementados que especifiquem quando e quais autoridades (por exemplo, obrigações legais, corpo de bombeiros, autoridades fiscalizadoras, entidades regulatórias) serão contactadas e como os incidentes de seguranç a da informaç ão identificados serão reportados em tempo hábil (por exemplo, no caso de suspeita de que a lei foi violada). Deve ficar implícito que medidas cíveis, administrativas e judiciárias podem ser aplicadas pelo descumprimento da política de segurança da informação.

2.2 Experiência Do Usuário

Quantas vezes deixamos de utilizar produtos de determinadas empresas, de frequentar lugares, ou até mesmo cancelar contratos que possuímos devido a uma experiência desagradável que tivemos? Certamente isso é algo bastante comum de acontecer. Basta o serviço ou produto não atender as nossas expectativas para que possamos classifica-los como inadequados, e logo pensar na péssima experiência vivida. Para que possamos entender melhor o nosso tema, vamos entender o significado de Experiência. Geralmente quando ouvimos essa palavra, logo nos vem à mente uma vivência agradável, um sentimento, um acontecimento, etc. Experiência trata-se de novos acontecimentos, que podem ser atribuídos em inúmeros conceitos.

O temo UX - *User Experience* (Experiência do usuário, em inglês) foi criada na década de 90, pelo cientista cognitivo Donald Norman, quando ocupava o cargo de Vice-Presidente do Grupo de Tecnologia Avançada da *Apple*. Segundo Donald Normal, "*User Experience* não se resume a um layout bonito, mas sim a forma com que você experencia

um produto ou serviço".

Com isso, a Experiência do Usuário (UX, de *User Experience*) trata-se da forma de como uma pessoa se sente a utilizar algum produto ou serviço, e na experiência que foi proporcionada.

Segundo Marc Hassenzahl (2013), Experiência do usuário (UX) não é apenas "vinho velho em garrafas novas". Trata-se de uma perspectiva verdadeiramente a qualidade da tecnologia interativa: longe dos produtos e problemas para os seres humanos e os condutores de experiência. A UX tem como objetivo atender a expectativa do usuário, fornecendo serviços ou produtos com um bom nível de qualidade de forma simples, para que o usuário tenha uma experiência memorável ao utilizar os produtos ou serviços oferecidos.

Ou seja, se preocupar com a experiência que iremos proporcionar a um usuário ao utilizar um determinado serviço, produto ou sistema (ISO 9241-210). Dessa forma, é de suma importância que as empresas no ato de elaboração de seus projetos, tenham o pensamento naquilo que querem proporcionar aos seus clientes, para que eles tenham boas experiências de uso. Para isso, é interessante que seja feita uma coleta de dados para saber o perfil de quem irá utilizar o serviço prestado, com o intuito de ser mais assertivo. Além disso, podem ajudar de forma significativa a propagação da marca e fazer com que a empresa consiga alcançar os seus ideais.

Para Whitney Hess (2013), a Maioria das pessoas acreditam que *User Experience* é somente encontrar a melhor solução para os sue usuários, mas não é. UX se trata de definir o problema que precisa ser resolvido (o porquê), definir para que esse problema precisa ser resolvido (o quem), e definir o caminho que deve ser percorrido para resolvê-lo (o como).

Para que a UX seja precisa nos seus critérios, existem outras áreas que precisam ser devidamente avaliadas para que todas juntas formem um conjunto que trabalha em sincronia. Dessa forma, o designer de interação Dan Saffer construiu um diagrama que define muito bem as principais áreas.

Segundo Dan Saffer (2013), nesse diagrama podemos perceber que muitas coisas são avaliadas para que uma boa experiência seja fornecida, como por exemplo Arquitetura da Informação (forma em que a informação é elaborada e disponibilizada), Conteúdo (material contido), Interação Homem- Computador (facilidade com que o usuário tem de utilizar o aplicativo ou página desenvolvida), etc.

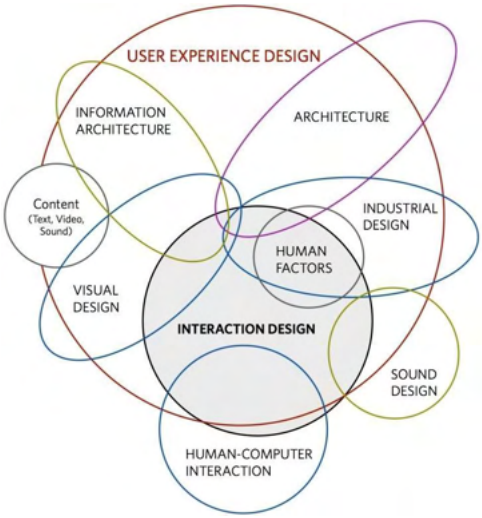


Figura 2. : Diagrama com as áreas da User Experience (Dan Saffer)

De acordo com Jakob Nielsen, um dos melhores métodos de avaliação de usabilidade é a avaliação heurística. Ainda segundo Nielsen, “o objetivo da avaliação heurística é encontrar os problemas de utilização na concepção de modo que eles podem ser atendidos como parte de um processo iterativo de design.” (Nielsen, 2005).

2.3 Pequenas, Médias Empresas e Startups

Para Le Rovere (2001), as micro, pequenas e médias empresas (MPMEs) vêm sendo há muito tempo alvo de atenção de analistas econômicos devido a seu potencial de geração de renda e de emprego. De acordo com uma publicação da *PricewaterhouseCoopers* PWC (2013), dos mais de 6 milhões de empresas de todos os tamanhos que operam no Brasil, quase 500 mil sao pequenas e médias. Outras 100 mil sao companhias de grande porte ou de origem transnacional. As restantes sao microempresas de escala e receita muito pequenas.

Segundo a PWC (2013) Mais de 40 milhões de novos consumidores migraram para a classe média nos últimos anos. Atualmente, ela inclui 96 milhões de pessoas, que impulsionam a demanda no mercado local e, por sua vez, promovem a abertura de novas empresas e a expansão das existentes.

De acordo com a Lei Complementar 123/2006 consideram-se microempresas ou empresas de pequeno porte, a sociedade empresária, a sociedade simples, a empresa individual de responsabilidade limitada e o empresário a que se refere o art. 966 da Lei no 10.406, de 10 de janeiro de 2002 (Código Civil), devidamente registrados no Registro de Empresas Mercantis ou no Registro Civil de Pessoas Jurídicas. No caso de microempresa, aufira, em cada ano-calendário, receita bruta igual ou inferior a R$ 360.000,00 (trezentos e

sessenta mil reais). No caso de empresa de pequeno porte, aufira, em cada ano- calendário, receita bruta superior a R$ 360.000,00 (trezentos e sessenta mil reais) e igual ou inferior a R$ 4.800.000,00 (quatro milhões e oitocentos mil reais).

Para Da Silva Neto e Teixeira (2011) as empresas precisam ser inovadoras, mas, muitas vezes, se deparam com barreiras e dificuldades que acabam bloqueando o caminho rumo à inovaç ão tecnológica.

E, tratando-se de médias e pequenas empresas (MPE), as barreiras e dificuldades sao maiores em virtude de suas características específ icas que as distinguem das maiores empresas.

De acordo com Eric Ries (2012), *Startup* é uma instituição humana projetada para criar novos produtos e serviços com ideias diferentes, trabalhando em condições de extrema incerteza. Para o SEBREAE, uma *Startup* trata-se de um uma empresa nova, até mesmo embrionária ou ainda em fase de constituição, que conta com projetos promissores, ligados à pesquisa, investigação e desenvolvimento de ideias inovadoras. Por ser jovem e estar implantando uma ideia no mercado, outra característica das startups é possuir risco envolvido no negócio. Mas, apesar disso, são empreendimentos com baixos custos iniciais, sendo escaláveis, ou seja, estar em constante crescimento, sem que isso influencie de alguma forma no seu modelo de negócio.

De acordo com Alberome (2012), umas das principais diferenças das startups e empresas tradicionais está na fase inicial da empresa, pois nas consideradas empresas tradicionais é aconselhável que seja feito um bom plano de negócio, já nas startups o trabalho ocorre com hipóteses do mercado.

Segundo Eric Ries (2012), diferentemente de uma empresa tradicional, uma *startup* baseia-se no *feedback* constante na construção do seu plano de negócios. Para a Associação Comercial de São Paulo (ACSP), o termo “startup” começou a ganhar volume a partir o momento que internet se tornou mais constante em nossas vidas.

2.3.1 ISO/IEC 29110

Segundo o SEBRAE, a norma ISO/IEC 29110, apresenta uma solução eficaz para a implementação dos processos da engenharia de software a micro e pequenas empresas – MPE. A sua implementação permite assegurar que a entrega de um produto (um software ou uma manutenção de um software) está de acordo com os requisitos e as condições acordadas com o cliente.

De acordo com a norma ABNT ISO/IEC TR 29110-5-1-2:2012 pequenas organizações *Very Small Entities* (VSEs) constitui-se em uma empresa, organização, departamento ou projeto que conta com até 25 pessoas.

Para Stéphanie Leal (2016), as VSEs possuem características que as diferenciam dos demais tamanhos de organizações como, por exemplo, lidarem com diversos projetos em

desenvolvimento acelerado que permitem pouco espaço para processo de gerenciamento. Segundo a norma ISO/IEC 29110 (2012), a indústria de software reconhece o valor que as VSEs possuem para alavancar a economia, como a qualidade de software vem se tornando um assunto de crescente preocupação.

A ISO/IEC 29110 reconhece as limitações das VSEs e por isso possui o mínimo possível de processos e práticas, permitindo a VSE flexibilidade e o alcance aos seus objetivos sem ocorrer o comprometimento com processos de engenharia de software, assim, a norma foca tanto em processos quanto nos produtos, tendo como principal objetivo descrever abordagens consistentes a partir de requisitos formais para o desenvolvimento de software (ISO/IEC 29110, 2012).

ABNT NBR ISO/IEC 29110	Título	Público
Parte 1	Visão geral	VSEs, avaliadores, produtores de normas, fornecedores e ferramentas e fornecedores de metologia
Parte 2	Estrutura e taxonomia	Produtores de normas, fornecedores de ferramentas e fornecedores de metodologia. Não é dirigida a VSEs.
Parte 3	Guia de avaliação	Avaliadores e VSEs
Parte 4	Especificação de perfis	Produtores de normas, fornecedores de ferramentas e fornecedores de metodologia. Não é dirigida às VSEs.
Parte 5	Guia de engenharia e gestão	VSEs

Quadro 2 - Público-alvo as ISO/IEC 29110

Fonte: ISO/IEC 29110, 2012

3 I METODOLOGIA DE PESQUISA

Esta é uma pesquisa descritiva-qualitativa (GIL, 1999; MARTINS; TEÓPHILO, 2007). De acordo com Martins e Teóphilo (2007), a geração do conhecimento científico se autua em quatro níveis ou polos: epistemológico, teórico, metodológico e técnico.

As premissas da pesquisa foram formuladas com base na revisao bibliográfica desenvolvida com o propósito de efetuar a correlaç ão entre a questao principal de pesquisa e as proposiç ões do estudo, estas últimas tendo como funç ão estruturar as bases de análise do estudo de caso e formar a base orientadora do questionário integrante do roteiro da entrevista e do protocolo de pesquisa.

4 I RESULTADOS

Considerando o referencial teórico deste artigo, as questões propostas para um estudo de cunho prático, como é um estudo de caso ou pesquisa-ação, encontra-se a a seguir:

A primeira premissa (PRE01 - Características e particularidades da Política de Segurança da Informação) apresenta os fatores de uma política de segurança da informação, conforme é apresentado no Quadro 1:

Premissa (PRE01) - Características e particularidades da Política de Segurança da Informação	
Proposições de Estudo	
PRO01.	As questões provenientes desta premissa, buscam a compreensão da empresa em relação as características que incide uma política de segurança da informação; foram dispostos três tópicos para verificação. Base de proposições: TCU (2008), ABNT NBR ISO/IEC 17799:2005, Fontes (2008).
T1.1.	A inviabilização da continuidade de uma instituição pode ser dada devido a falta de atenção à segurança da informação (TCU, 2008);
T1.2.	A política de segurança da informação é formulada com o apoio da alta direção da organização, com base nos requisitos de negócios e leis e regulamentações aplicáveis (ABNT NBR ISO/IEC 17799:2005);
T1.3.	O comprometimento do usuário para proteger o bem mais importante da organização, pode ser considerado um fator crítico para o sucesso no processo de segurança da informação (Fonte, 2008).

Quadro 1: Premissas – Dimensão PRE01

Fonte: elaborado pelos autores.

A segunda premissa (PRE02 - Experiência do usuário com a Política de segurança da informação) faz referência a como o usuário lida com a política de segurança da informação, conforme é apresentado no Quadro 2:

Premissa (PRE02) - Experiência do usuário com a Política de segurança da informação	
Proposições de Estudo	
PRO02.	As questões elencadas sob esta premissa objetivam o comportamento do usuário com a política de segurança da informação; foram dispostos quatro tópicos de verificação. Base de proposições: Dan Saffer (2013), Prates; Ospina, (2004), Whitney Hess (2013), Nielsen, (2005).
T2.1.	A mudança na cultura tradicional da empresa que uma implementação de uma política de segurança da informação pode ocasionar, é um fator crucial para uma experiência negativa do usuário com a PSI (Prates; Ospina, 2004).
T2.2.	A forma que a informação é disponibilizada é um dos fatores críticos para uma experiência do usuário positiva (Dan Saffer 2013);
T2.3.	A experiência do usuário deve mostrar o porque do problema, porque esse problema precisa ser resolvido e o caminho a ser percorrido para a solução (Whitney Hess 2013);
T2.4.	Visibilidade, fácil controle para o usuário, determinados padrões e eficiência de uso, são bases importantes para tornar a experiência do usuário a mais agradável possível (Nielsen, 2005);

Quadro 2: Premissas – Dimensão PRE02

Fonte: elaborado pelos autores.

A terceira premissa (PRE03 - Pequenas, médias empresas e Startups) aborda a importância das pequenas e médias empresas e Startups para o mercado, conforme é apresentado no Quadro 3:

Premissa (PRE03) - Pequenas, médias empresas e Startups	
Proposições de Estudo	
PRO03.	As questões relacionadas a esta premissa abordam os requisitos presentes nas pequenas, médias empresas e startups com sua devida importância no mercado nacional; foram dispostos 3 tópicos para verificação. Base de proposições: Lei Complementar 123/2006; Alberome (2012); Eric Ries (2012).
T3.1.	Com o faturamento bruto do ano-calendário entre R$ 360.000,00 e R$ 4.8000.000,00 as pequenas empresas tem uma grande importância no crescimento do mercado nacional (Lei Complementar 123/2006);
T3.2.	A principal diferença entre as Startups e as pequenas empresas é que não necessitam de um plano de negócio bem estruturado para se iniciarem, caso as pequenas e médias empresas trabalhassem com hipótese de mercado, seria uma barreira a menos para as pequenas e médias empresas iniciarem seus trabalhos (Alberom, 2012);
T3.3.	O feedback constante na construção de um plano de negócios é o caminho para o sucesso das Startups (Eric Ries, 2012).

Quadro 3: Premissas – Dimensão PRE03

Fonte: elaborado pelos autores.

A quarta premissa (PRE04 - Características das *Very Small Entities* (VSEs)) principia-se na consideração da importância e as características das *Very Small Entities* e são apresentados no Quadro 4:

Premissa (PRE04) - Características das *Very Small Entities* (VSEs)	
Proposições de Estudo	
PRO04.	As questões reunidas nesta premissa compreendem a compreensão e características das *Very Small Entities*, foram dispostos 2 tópicos para verificação. Base de proposições: ISO/IEC 29110 (2012); Stéphanie Leal (2016).
T4.1.	A característica das VSEs de lidarem com diversos projetos em desenvolvimento acelerado com pouco espaço para processo de gerenciamento pode ser considerado um diferencial dos demais tamanhos de organização (Stéphanie Leal, 2016).
T4.2.	Com o constante crescimento da tecnologia e das organizações até 25 pessoas é suficiente para ser considerada uma VSE (ISO/IEC 29110, 2012).

Quadro 4: Premissas – Dimensão PRE04

Fonte: elaborado pelos autores.

5 I CONCLUSÃO

Este trabalho teve por objetivo compilar uma série de questões, baseadas em pressupostos teóricos, a fim de amparar um estudo prático na direção de avaliar a usabilidade de políticas de segurança de informação para empresas de porte menor, como descrito na problematização do estudo,

Sendo assim, o presente artigo cumpriu seu objetivo ao sugerir as questões dispostas no quadro de resultados.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR ISO/IEC 17799:2005 – Tecnologia da informação – Técnicas de Segurança – **Código de Prática para a gestão da segurança da informação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005, 120pp.

ABNT ISO/IEC TR 29110-5-1-2:2012, Engenharia de Software — Perfis de ciclo de vida para micro-organizações (VSEs) Parte 5-1-2: Guia de engenharia e gestão: Grupo perfil genérico: Perfil básico, 2012

ACELERADORA - Qual é o ciclo de vida de uma startup? Disponível em: < http://aceleradora.net/2016/08/27/qual-e-o-ciclo-de-vida-de-uma-startup/> Acesso em 30 de setembro de 2017.

ALBERTO, Gustavo. **Segurança da Informação: Uma Visão Inovadora da Gestão.** Ciência Moderna. 2005.

ALURA – Cursos Online de Tecnologia, UX – **O que** é **experiência de usuário**.

BLANK, Steve; DORF Bob. **Startup : Manual do Empreendedor.** Alta Books, v.1, p. 175-192, 2014. CAELUM. Heurísticas de Nielsen. Uma fórmula pra evitar erros básicos de usabilidade. Disponível em : <http://blog.caelum.com.br/10-heuristicas-de-nielsen-uma-formula-pra-evitar-erros-basicos-de-usabilidade/#primeiraHeuristica> Acesso em 31 de maio de 2017.

DA SILVA NETTO, Abner; DA SILVEIRA, Marco Antonio Pinheiro. Gestão da segurança da informação: fatores que influenciam sua adoção em pequenas e médias empresas. **JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management**, v. 4, n. 3, p. 375-397, 2007.

DA SILVA NÉTO, Ana Teresa; TEIXEIRA, Rivanda Meira. Mensuração do grau de inovação de micro e pequenas empresas: estudo em empresas da cadeia têxtil-confecção em Sergipe. RAI Revista de Administração e Inovação, v. 8, n. 3, p. 205-229, 2011.

DA UNIÃO, TCU Tribunal de Contas. Boas práticas em segurança da informação. **Brasília: TCU**, 2008.

EXAME. **O que** é **uma startup?** Entrevista com Yuri Gitahy. Disponível em: < https://exame.abril.com.br/pme/o-que-e-uma-startup/>. Acesso em 30 de setembro de 2017. FONTES, Edison. **Praticando a segurança da informação**. Brasport, 2008.

GIL, A. C.; **Técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

IPEA. **Micro e pequenas empresas: mercado de trabalho e implicação para o desenvolvimento** - Rio de Janeiro: 2012. Disponível em: <http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/livros/livros/livro_micro_pequenasempresas.p df >. Acesso em: 30 de mai. de 2017.

LA ROVERE, Renata Lèbre. Perspectivas das micro, pequenas e médias empresas no Brasil. **Revista de Economia Contemporânea**, v. 34, p. 137-154, 2001.

LAUREANO, Marcos AP; MORAES, Paulo Eduardo Sobreira. Segurança como estratégia de gestão da informação. **Revista Economia & Tecnologia**, v. 8, n. 3, p. 38-44, 2005.

LESCA, Humbert; ALMEIDA, Fernando C. de. Administração estratégica da informação. **Revista de Administração**, v. 29, n. 3, p. 66-75, 1994.

Nº, LEI COMPLEMENTAR. 123, de 14 de dezembro de 2006. **Institui o Estatuto Nacional da Microempresa e da Empresa de Pequeno Porte.** Disponível em:< http://www. planalto. gov. br/ccivil_03/leis/LCP/Lcp123. htm>. Acesso em: 30 de mai. de 2017, v. 16, 2013.

MARTINS, G. A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da investigação científica para ciências sociais aplicadas**. São Paulo: Atlas. 2007.

PRATES, Gláucia Aparecida; OSPINA, Marco Túlio. **Tecnologia da Informação em Pequenas Empresas**: fatores de êxito, restrições e benefícios – RAC, v.8, n.2, Abr/Jun- 2004, p. 09-26.

PWC. **Pequenas e médias empresas: A força do mercado brasileiro**, 2013. Disponível em: <https://www.pwc.com.br/pt/publicacoes/setores-atividade/assets/pcs/private-compay-services-pcs-13-pt.pdf >. Acesso em 30 de mai. de 2017.

RIES, Eric. **A Startup Enxuta:** Como os Empreendedores atuais utilizam a inovação Contínua para criar empresas extremamente bem-sucedidas. Leya. 2012.

SEBRAE-NA/ Dieese. Anuário do trabalho na micro e pequena empresa 2013, p. 17. Disponível em: <www.sebrae.com.br/Sebrae/Portal%20Sebrae/Anexos/Anuario%20do%20Trabalho%20Na%20Micro%20e%20Pequena%20Empresa_2013.pdf>. Acesso em 30 de mai. de 2017.

SEBRAE. O que é uma startup? Dísponível em: <https://www.sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/sebraeaz/o-que-e-uma- startup,616913074c0a3410VgnVCM1000003b74010aRCRD> Acesso em 02 de junho de 2017.

SÊMOLA, Marcos. **Gestão da Segurança da Informação**: uma visão executiva – Rio de Janeiro: Campus, 2003.

TEIXEIRA, Fabricio. **Introdução e boas práticas em UX Design**. v.1, n.1, p. 10-16, 2013. Yin, R. K. (2015). **Estudo de caso**: planejamento e métodos. (5. ed.). Porto Alegre: Bookman

CAPÍTULO 15

O EMPREENDEDORISMO FEMININO E SUAS PRINCIPAIS VERTENTES

Data de aceite: 01/09/2022
Data de submissão: 07/08/2022

Isadora dos Santos Raposo
Faculdade Anhanguera de Taubaté
Taubaté- SP

Maurício Guerreiro
Faculdade Anhanguera de Taubaté
Taubaté -SP
http://lattes.cnpq.br/8771424237883392

RESUMO: O empreendedorismo feminino vem se tornando importante destaque na economia brasileira, tornando a participação das mulheres nos negócios um aumento de grandes proporções. Neste artigo, vamos abordar os desafios e oportunidades das mulheres no mundo dos negócios e empreendedorismo feminino no Brasil. O trabalho iniciou-se com o levantamento de referências bibliográficas e objetivando apresentar ao leitor os desafios que envolvem o empreendedorismo no contexto feminino e as estratégias utilizadas para obter sucesso no atual mercado competitivo. Para a metodologia de estudo do artigo foram feitas entrevistas com três mulheres que empreendem nas áreas de papelaria e beleza. Foram levantados questionamentos sobre os desafios e as estratégias para obter sucesso. Também foi realizada uma segunda pesquisa anônima, com vinte e sete pessoas, sendo homens e mulheres que trabalham em diversas áreas como: Saúde, Segurança Pública, Educação, Contabilidade e Comércio com o objetivo de analisar a importância do empreendedorismo em sua rotina de trabalho.
PALAVRAS-CHAVE: Empreendedorismo, planejamento estratégico, economia brasileira.

THE FEMININE ENTREPRENEURSHIP AND ITS MAIN ASPECTS

ABSTRACT: Feminine entrepreneurship is becoming prominent in the Brazilian economy, making the participation of women in business increase in great proportions. In this article, we are going to address the challenges and opportunities for women in the business world and entrepreneurship in Brazil. The article started by collecting bibliographic references and aiming to present to the reader the obstacles that involve entrepreneurship in a feminine context and the adopted strategies to succeed in the actual competitive market. For the article study methodology, three women who work in the stationery and beauty area were interviewed. Questions were raised about the difficulties and strategies to obtain success. A second anonymous survey with twenty-seven people, including men and women who work in various areas such as healthcare, public security, education, accounting, and commerce to analyze the importance of entrepreneurship in their work routine.
KEYWORDS: Entrepreneurship, Strategic Planning, Brazilian economy.

1 I INTRODUÇÃO

O empreendedorismo surgiu formalmente na Primeira Revolução Industrial, em meados do

século XVII, onde os pioneiros das indústrias surgiram com inovações nas máquinas para produção em série. Porém, desde o princípio da humanidade, o ser humano desenvolve a capacidade de negociar e inovar no seu processo, mesmo antes de existir uma moeda, como era feito na época do comércio de escambo o qual era realizada a troca de mercadorias e/ou serviços. Na história do Brasil, Irineu Evangelista de Sousa, visconde de Mauá foi um exemplo de empreendedor pioneiro. Revolucionou o país inovando os meios de transporte e de produção no século XIX.

Para Dornelas (2008, p.15) Todo empreendedor precisa atuar como administrador, porém, nem todo administrador possui um perfil empreendedor. Ele conclui que o empreendedor possui atributos que vão além dos que estão presentes nos administradores e executivos da empresa, ele é visionário, enxerga além de uma situação propondo soluções criativas e obtendo resultados inovadores. Ele assume riscos previamente calculados, é devoto de sua criação se compromete por completo não perdendo o foco apesar das dificuldades que podem aparecer pela sua jornada. Todas estas particularidades fazem parte da visão de uma oportunidade de negócio e da criação de algo que agregue valor no mercado.

Em um universo de diferenciais competitivos, o reconhecimento do que é inovador e a percepção da originalidade são eventos fundamentais para sobrevivência no mercado em que a empresa está situada. Barlach (2009, p.240). Identificar uma oportunidade é um ponto crucial e um dos maiores desafios para o empreendedor.

Ao debater sobre os desafios de ser empreendedor, no atual mercado competitivo, é necessário também analisar a situação dentro do universo empresarial o qual a mulher está inserida e enfrenta os desafios do seu cotidiano, que estão além dos contratempos corriqueiros de um empreendedor. Antigamente, era-se comum a existência apenas de empreendedores masculinos. A mulher não era vista em uma figura de negócios. Hoje em dia elas romperam este *"*status quo*"*.

De acordo com dados do Global Entrepreneurship Monitor de 2020 (GEM), o maior instituto de pesquisa sobre empreendedorismo do mundo, 55,5% das empresas criadas neste período tiveram a autoria de mulheres, num estado de crise mundial, elas entregaram projetos de negócio inovadores adaptados ao cenário em que estavam. Jonathan (2005, p. 374) A mulher é naturalmente multifacetada, esta multiplicidade de papéis reforça seu talento em conseguir pensar e fazer diferentes coisas ao mesmo tempo. Isto pode ser um benefício, mas também pode condicionar maior desgaste.

Conciliar a vida pessoal e a vida profissional parece ser desgastante, mas estar no mercado de trabalho é um fator de pluralidade na vida das mulheres proporcionando maior bem estar e satisfação. Em seus estudos Jonathan (2005, p.380) conclui que, a prática do empreendedorismo proporciona as mulheres um grande sentimento de autorrealização, que se deve ao fato de trabalharem com algo por amor e tem liberdade de inovar e desenvolver suas próprias ideias. As causas de insatisfação no exercício do empreendedorismo

em suas vidas estão atreladas a fatores como: qualificação de funcionários, incentivos governamentais e retorno financeiro. A discriminação de gênero é um aspecto que gera grande aborrecimento.

Uma outra pesquisa feita pelo Instituto Rede Mulheres Empreendedoras (IRME) durante a pandemia do COVID-19 em 2020, mostra que para 17% das entrevistadas a dificuldade para conciliar o trabalho e a família aumentou, em contrapartida a 8% dos homens nesta mesma situação. No aspecto de visão do futuro do empreendimento, 66% das mulheres se sentem mais seguras e confiantes contra 59% dos homens entrevistados. O objetivo deste estudo é tratar sobre as habilidades necessárias e os desafios da mulher empreendedora inserida no mercado de trabalho atual e sobre o impacto do empreendedorismo em suas vidas.

2 I METODOLOGIA

Como visto anteriormente, este artigo busca apresentar ao leitor os desafios que envolvem o empreendedorismo no contexto feminino e as estratégias utilizadas para obter sucesso no atual mercado competitivo.

Para a metodologia de estudo deste resumo expandido, foi feita uma entrevista com três mulheres que empreendem nas seguintes áreas: Papelaria e Beleza. Foram levantados questionamentos sobre os desafios e as estratégias para obter sucesso.

Também foi realizada uma segunda pesquisa anônima com vinte e sete pessoas, sendo homens e mulheres que trabalham em diversas áreas como: Saúde, Segurança Pública, Educação, Contabilidade e Comércio afim de analisar a importância do empreendedorismo em sua rotina de trabalho, a disposição serem empreendedores um dia e investigar suas posições sobre o empreendedorismo feminino e suas vertentes.

3 I RESULTADOS E DISCUSSÕES

Na pesquisa anônima realizada com vinte e sete pessoas, sendo 81,5% mulheres e 18,5% homens, foi estudado sobre as influências do empreendedorismo na vida destas pessoas, e suas respectivas opiniões sobre as vertentes do empreendedorismo feminino. Destas pessoas, 74,1% trabalham em um emprego formal e 51,9% afirmam ter coragem de sair de seus empregos para empreender em algum projeto, considerando o cenário econômico atual. Foi verificado que 63% destas pessoas acreditam que a mulher possui mais dificuldade para empreender do que o homem e 37% dos entrevistados discordam disto.

Em síntese, a parcela de pessoas que declarou que o empreendedorismo feminino é mais difícil justificou que apesar da evolução, ainda existe a ideia do homem ser uma figura a frente numa posição de negócios. Por outro lado, os entrevistados que se opõem a esta afirmativa, declaram que a mulher é mais corajosa e mais criativa para empreender.

Em uma segunda entrevista, as três mulheres empreendedoras que foram entrevistadas, sendo duas da área de beleza e uma da área de papelaria asseguram que para agregar valor ao próprio negócio procuram estar sempre atualizadas, investindo em cursos e palestras.

As três entram em acordo quando afirmam que o que despertou a vontade de empreender foi a busca pela autonomia e independência financeira, além da paixão pela área que atuam. Classificam os atributos para ser um bom empreendedor da seguinte forma: resiliência, disciplina, criatividade e responsabilidade. No geral, a desigualdade de gênero não interfere no negócio delas, o que nos mostra que a mulher ganha cada vez mais espaço no mercado competitivo.

Todas afirmam possuir um plano de negócios estratégico e concordam que o impacto que elas acreditam causar na vida dos clientes está presente na experiência que o seu produto/serviço gera ao cliente. Atrelado a isso, também movimentam a economia local.

4 I CONSIDERAÇÕES FINAIS

O empreendedorismo vai além de criar uma empresa, ele está presente na autonomia e na proatividade em propor soluções inovadoras para as diversas situações a qual o mercado de trabalho está inserido. A experiência do cliente, seja ele um cliente interno ou externo, está diretamente ligada a isso. O empreendedor possui o "tato" de entender qual a "dor" do seu nicho de negócio. Com base nas pesquisas realizadas, nota-se que a mulher tem cada vez mais espaço no mundo dos negócios e grande parte não se sente mais intimidada com relação as diferenças de gênero. Ao acreditar no potencial do seu próprio negócio, são criativas, persistentes e propõem respostas inovadoras.

Em síntese, tudo está atrelado a causar um impacto significante na vida das pessoas, o que elas realizam com maestria pois percebem que esta é uma parte muito importante do processo de venda para ser um bom empreendedor, independente do gênero, é necessário alinhar todas estas métricas: responsabilidade, disciplina, criatividade e atitude, além de um bom plano de negócios.

REFERÊNCIAS

BARLACH, Lisete. **A criatividade humana sob à ótica do empreendedorismo inovador.** 260p. Tese. Doutorado. Psicologia Social – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

BRONZATI, Cinthia. Os principais desafios enfrentados por mulheres empreendedoras. **Blog Superlógica,** 2021. Disponível em:< https://blog.superlogica.com/empreendedorismo/desafios-mulheres-empreendedoras/>. Acesso em: 22 de maio de 2022.

DORNELAS, José Carlos de Assis. **Empreendedorismo: Transformando ideias em negócios**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

JONATHAN, Eva Gertrudes. **Mulheres Empreendedoras: Medos, conquistas e qualidade de vida.** 382p. Dissertação. Psicologia – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2005.

Qual a realidade do empreendedorismo feminino no Brasil?. **Sebraesc,** 2022. Disponível em: < https://www.sebrae-sc.com.br/blog/qual-a-realidade-do-empreendedorismo-feminino-no-brasil/>. Acesso em: 22 de maio de 2022.

RAMOS. Jefferson Evandro Machado. Escambo. **Sua pesquisa,** 2022. Disponível em: <https://www.suapesquisa.com/o_que_e/escambo.htm#:~:text=De%20acordo%20com%20historiadores%20e,trabalho%20por%20produtos%20neste%20per%C3%ADodo.>. Acesso em: 21 de maio de 2022.

SOUZA. Ivan de. Conheça a história do empreendedorismo e como ele revolucionou o mundo dos negócios. **Rockcontent**, 2020. Disponível em:<https://rockcontent.com/br/blog/historia-do-empreendedorismo/>. Aceso em: 20 de maio de 2022.

SOBRE A ORGANIZADORA

DANYELLE ANDRADE MOTA - Mestra e Doutora em Biotecnologia Industrial pela Universidade Tiradentes (UNIT), com internacionalização com o Doutorado Sanduíche no Instituto Superior de Agronomia pela Universidade de Lisboa. Especialista em Docência no Ensino de Ciências pela Faculdade Pio Décimo. Especialista em Neurociência pela Faculdade de Ciências da Bahia (FACIBA). Especialista em Recursos Hídricos e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe (UFS). Graduada em Ciências Biológicas Licenciatura pela UFS. Durante a graduação desenvolveu pesquisas na área de Botânica (Taxonomia de Líquens), Microbiológica e Educacional. Durante o mestrado e doutorado desenvolveu trabalhos no Instituto de Tecnologia e Pesquisa (ITP) atuando especialmente pesquisas focadas nas interações entre as áreas de biologia, bioquímica e engenharia química. Visando a melhoria do uso e transformação de recursos agroindustriais da região. Sendo assim, tem experiência na área de Biologia Celular, Microbiologia, Bioquímica, Química e Biocatálise com ênfase em imobilização de enzimas para aplicações em bioprocessos. Atualmente, é colaboradora no grupo de pesquisa do ITP, professora no Alternativo Curso e Colégio e professora na Uniplan Centro Universitário.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Ácido polilático 105, 106

Adhesive joints 111, 124, 125, 127

Análise de vibração 62

Arranjo físico posicional 128, 129, 130, 131

Atraso de ignição 62, 63, 64, 65, 66, 67

B

Bateria eletrônica 149, 150, 151, 152, 155, 157

Biomassa 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 15, 19

C

Cianobactérias 13, 14, 15, 16, 17, 19

Concreto 68, 69, 73, 82, 83, 84, 85, 86, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 99, 100, 103, 104

Construção civil 68, 69, 73, 78, 80, 81, 82, 104

D

Desenho geométrico 158, 159, 160, 162, 163, 172

Distribuição de água 34, 35, 36, 37, 39, 40, 42, 43, 47, 48, 49, 50

E

Economia 34, 59, 78, 163, 180, 183, 185, 188

Educação 146, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 171, 172, 185, 187

Efluente sintético 13, 16

Empreendedorismo 185, 186, 187, 188, 189

Estruturas mistas 82, 83, 84, 86, 88, 94, 103, 104

F

Fluido 51, 53, 55, 60

Friction stir welding 111, 115, 122, 126, 127

G

Gesso 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 80, 81

I

Impressora 3D 105, 106, 108, 110

L

Logística reversa 21, 22, 23, 26, 30, 31, 32

M

Macromedição 36

Madeira 6, 8, 69, 82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 95, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104

Matriz energética 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10

Micromedição 36

Música 149, 150, 151, 157

O

Otimização 128, 143

P

Planejamento estratégico 2, 185

Plano de negócio 179

Proteção 4, 72, 77, 85, 174, 175, 176

R

Reaproveitamento 78, 80

Recuperação avançada de petróleo 51, 52

Reservatório 18, 51, 52, 55

S

Segurança da informação 173, 174, 175, 176, 181, 182, 183, 184

Segurança estrutural 82

Sensor piezoelétrico 62, 63, 64, 65, 66

Sistema de ligação 82, 83, 85, 86, 90, 92, 94, 101, 103

Sustentabilidade 11, 21, 22, 68, 78, 80

T

Tear modular 107, 110

Tecnologia 7, 19, 68, 69, 81, 105, 106, 110, 125, 149, 150, 151, 152, 158, 159, 160, 162, 164, 170, 171, 175, 176, 177, 182, 183, 184, 190

Tensoativo 51, 53

Toxicidade 13, 14, 15, 17, 106

Tratamento de efluente 13

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3

Atena
Editora
Ano 2022

www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br
@atenaeditora
www.facebook.com/atenaeditora.com.br

ENGENHARIAS:

Criação e repasse de tecnologias 3

Atena Editora
Ano 2022